Pamph. Pol. Sci. V

aekgf. 25.9.02.

3 1761 09702368 3

PHYSIK UND POLITIK.

OCT 1 1902

FESTREDE

BEI DEM

FEIERLICHEN AKTE DES REKTORATS-WECHSELS

AN DER

GROSSH. TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZU KARLSRUHE

AM 27. OKTOBER 1900

GEHALTEN VON DEM REKTOR DES JAHRES 1900/1901

DR. O. LEHMANN
HOFRAT UND PROFESSOR FÜR PHYSIK.

KARLSRUHE
DRUCK DER G. BRAUN'SCHEN HOFBUCHDRUCKEREI.
1901.

PHYSIK UND POLITIK.

FESTREDE

BEI DEM

FEIERLICHEN AKTE DES REKTORATS-WECHSELS

AN DER

GROSSH. TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZU KARLSRUHE

AM 27. OKTOBER 1900

GEHALTEN VON DEM REKTOR DES JAHRES 1900/1901

DR. O. LEHMANN

HOFRAT UND PROFESSOR FÜR PHYSIK.

KARLSRUHE
DRUCK DER G. BRAUN'SCHEN HOFBUCHDRUCKEREI.
1901.

Königliche Hoheit!
Durchlauchtigste und hochgeehrte Anwesende!
Liebe Kommilitonen!

Als angenehme Pflicht empfinde ich es, meine Thätigkeit als Repräsentant der Technischen Hochschule damit zu beginnen, dem hochgeehrten Amtsvorgänger Herrn Hofrat Brauer der Hochschule herzlichsten Dank auszusprechen für die grosse Umsicht und selbstlose Hingebung, mit der er während seines Amtsjahres unter oft recht schwierigen Umständen, die Geschäfte der Hochschule, zum Wohle Aller und zu allseitiger vollkommenster Befriedigung durchgeführt hat.

Sodann danke ich persönlich dem Kollegium für das Vertrauen, welches mir durch die ehrenvolle Wahl zum Rektor bezeugt wurde und gebe dem Wunsche und der Hoffnung Ausdruck, es möge mir gelingen, dieses Vertrauen in vollem Masse zu rechtfertigen.

Nicht persönlich, auch nicht als Rektor, sondern im Namen von Wissenschaft und Technik, im Namen des badischen Volkes, im Namen der gesamten Menschheit möchte ich ferner den ehrerbietigsten und wärmsten Dank ausdrücken dem ersten Doktoringenieur unserer Hochschule Sr. Königlichen Hoheit dem Grossherzog und der Grossherzoglichen Regierung anlässlich des seltenen Jubiläums, welches wir uns freuen heute begehen zu können.

Drei Viertel eines Jahrhunderts sind verflossen, seit Gustav Friedrich Wucherer, früher evangelischer Stadt- und Universitätspfarrer, zugleich Professor der Physik und Technologie an der Universität Freiburg i. B. die Hochschule unter der Bezeichnung »Polytechnische Schule« einrichtete und als erster Direktor deren Leitung übernahm.[1])

---

[1]) Wucherer wurde 1807 zum evangelischen Stadt- und Universitätspfarrer ernannt mit dem Auftrag, Vorlesungen über theoretische und experimentelle Physik zu halten; 1813 erfolgte seine Ernennung zum Professor; 1818 die Entbindung von der Pfarrei; am 19. Oktober 1821 wurde er

Schon im Jahre 1821 hatte dieser vielseitig gebildete, thatkräftige, von idealem Streben erfüllte Mann versucht, der Freiburger Universität eine polytechnische Schule, gewissermassen eine neue technische Fakultät anzugliedern. In ihm sah deshalb die Grossherzogliche Regierung den richtigen Mann, den schon früher seit den Erfolgen der ersten polytechnischen Schule in Paris öfters erwogenen und insbesondere von Nebenius, Tulla und Weinbrenner[2]) geförderten Plan, der Gründung einer solchen Schule in Karlsruhe, zur Ausführung zu bringen.

In Karlsruhe bestand schon ein grosses physikalisches Kabinett, welches anfangs des 18. Jahrhunderts mit dem akademischen Gymnasium aus Durlach hierher übergesiedelt war. Zeitweise war es das grösste in Deutschland und nach dem Klange der Namen der Besucher, welche sich in das Album eingeschrieben haben, weit über Badens Grenzen hinaus berühmt.[3])

Zunächst als Konservator dieses Grossherzoglichen Kabinetts wurde nun Wucherer nach Karlsruhe berufen und nicht lange dauerte es, so erhielt er den Auftrag, durch Verschmelzung des Kabinetts mit der schon bestehenden Bauschule Weinbrenners und der Ingenieurschule Tullas die polytechnische Schule einzurichten und deren Leitung zu übernehmen.

Es müssen schwere, sorgenvolle Jahre für Wucherer gewesen sein, die ersten Jahre des Direktorats, denn abgesehen davon, dass ihm in den 9 Jahren seiner Thätigkeit wegen Führung der Amtsgeschäfte keine Zeit blieb, die Vorlesungen über Experimentalphysik durch Experimente zu beleben, was natürlich zu mannigfachen Unzuträglichkeiten Anlass gab, gelang es ihm selbst nicht einmal als Konservator des physikalischen Kabinetts Mittel und Wege zu finden, die Apparate gegen das von der Decke herabträufelnde Wasser zu schützen. Denn nach zahllosen in dieser Angelegenheit gemachten Bemühungen trägt er fast verzweifelt in die Akten die Randbemerkung ein: »Wenn alles Papier, das bisher nutzlos über diesen Gegenstand verschrieben

---

nach Karlsruhe anstelle von Hofrat Böckmann berufen. (Siehe ferner O. Lehmann, Geschichte des physikalischen Instituts der Technischen Hochschule, in der Festschrift zur Feier des vierzigjährigen Regierungsjubiläums Sr. Königl. Hoheit des Grossherzogs Friedrich 1892.)

2) Siehe: »Die Grossherzogliche Technische Hochschule Karlsruhe«, Festschrift zur Einweihung der Neubauten 1899 »Der deutsche Zollverein, das Karlsruher Polytechnikum und die erste Staatsbahn in Deutschland,« eine kulturhistorische Studie von A. Böhtlingk, Karlsruhe, Jahraus 1899. Ferner die zitierte Festschrift Seite 267.

3) Der Mechaniker dieses Instituts Johann Sebastian Clais hatte den Titel Hofmechanikus und war auch mit der Aufsicht über die schon längere Zeit bestehende Modellkammer und die bei den Eisenwerken des Landes angewandten Maschinen betraut. Im Jahre 1773 wurde er zum Lehrer der »Experimentalphilosophie« ernannt, d. h. zum Lehrer der Maschinenbaukunde.

wurde, zu wasserdichtem Pappendeckel gemacht würde, so könnte man das Dach damit dauerhaft decken.«

Freilich hatte er Unrecht, denn das Wasser kam überhaupt nicht vom Dach, sondern von einem Gänsestall, den man unberechtigter Weise über dem Kabinett eingerichtet hatte!

Im Jahre 1834 war ihm die Direktorialthätigkeit so sehr verleidet, dass er seine Entlassung erbat und auf seinen früheren Lehrstuhl an der Universität Freiburg zurückkehrte, mit seinem dortigen Nachfolger die Stellung tauschend. [4])

Wie kläglich waren jene Zustände vor 75 Jahren, wie stolz steh dagegen heute der in der ganzen Welt berühmt gewordene Bau unserer Hochschule da!

Die gewaltige Änderung verdanken wir vor allem der hohen politischen Einsicht unseres allverehrten Grossherzogs und jener weisen Männer seiner Regierung und der Landstände, welche die Bedeutung der Wissenschaft und Technik für das Hauptziel der Politik, für das Wohl des Staates, schon frühzeitig klar erkannt haben.

Heute liegen die erfolgreichen Wirkungen des technischen Unterrichts, die bedeutende Förderung der Kultur und des Wohlstandes durch die Pflege der Technik nicht nur in unserem Lande, sondern auch anderwärts offen zu Tage. Trotzdem wird vielleicht mancher mit Lächeln die Ankündigung eines Vortrages betrachtet haben, welcher »Physik und Politik« betitelt ist. Giebt es denn grössere Gegensätze als die stille, auf Erforschung der ewigen Gesetze der leblosen Natur gerichtete Thätigkeit des Physikers und das vielbewegte Leben des Politikers?

I. Aristoteles und Alexander.

Als Wissenschaften treten Physik und Politik gleichzeitig vor $2^1/_2$ Tausend Jahren auf, eingeführt durch den grossen Philosophen Aristoteles [5]), der ehemals als Autorität verehrt und geschätzt war, wie kein Anderer.

---

4) Am 6. Mai 1842 erfolgte Wucherers Pensionierung, den 5. April 1843 starb er. Am 9. Mai 1844 wurde ihm eine besondere Ehrung bereitet, bei welcher der geistliche Rat Dr. Heinrich Schreiber eine Gedächtnisrede hielt, die auf Universitätskosten gedruckt wurde. Wucherer muss in den letzten Jahren durch Krankheit in seiner Thätigkeit recht beeinträchtigt gewesen sein, denn sein Nachfolger fand noch die Aversen von 4 Jahren unbenutzt vor.

Seit Wucherer war kein Physiker mehr Direktor oder Rektor der Hochschule.

5) Aristoteles dozierte 347—343 v. Chr. am »Lyceum« in Athen. Die Politik seines Lehrers Plato, welcher in der »Akademie« Vorträge hielt, ist ohne Bedeutung.

Sein Lehrbuch der Physik war in unserem physikalischen Institut noch im Jahre 1674, also nach fast 2000 Jahren als offizielles Lehrbuch im Gebrauch.[6])

Seine Schrift über Politik, welche als Hauptaufgabe einer richtigen Politik die richtige Erziehung der Jugend bezeichnet, fand eine glänzende Bestätigung, insofern der von ihm erzogene jugendliche Fürst Alexander der Grosse politische Erfolge errang, die fast einzig in der Weltgeschichte dastehen. Nicht nur, dass es diesem gelang, in kürzester Frist den eigenen Thron zu sichern und die Staaten Griechenlands seinem Scepter zu unterwerfen; er vermochte die fast unmögliche Aufgabe zu lösen, Orient und Occident zu einem Weltreich zu verschmelzen, das sich bis zu den Ufern des Indus erstreckte.

»So wie er seinem Vater das Leben verdanke, äusserte sich Alexander, so verdanke er Aristoteles, dass sein Leben ein würdiges sei.«![7])

Aber stehen die grossartigen politischen Erfolge Alexanders wirklich in ursächlichem Zusammenhang mit den physikalischen Kenntnissen seines Lehrers Aristoteles?

Zeigt nicht vielmehr gerade die Thatsache, dass das alte Kulturland Persien, dessen Kultur sich bis etwa 8000 Jahre von der Gegenwart zurückverfolgen lässt[8]) den verhältnismässig rohen Kriegerscharen Alexanders erlag, dass die Kultur die Völker schwächt und ihrem Untergange zuführt?

---

6) Zeitweise war es beinahe lebensgefährlich, anderer Ansicht als Aristoteles zu sein.

Als der Philosoph und Physiker Ramus in Paris (1502—1572) den Versuch machte, die Herrschaft des Aristoteles zu brechen, musste er flüchten, wurde aber nach der Rückkehr in der Bartholomäusnacht ermordet. Selbst die Genfer Calvinisten stimmten ihm nicht zu, sondern teilten ihm mit, es sei ein für allemal beschlossen worden, weder in der Logik, noch in irgend einem andern Wissenszweig von den Ansichten des Aristoteles abzuweichen.

Als Pater Scheiner im Jahre 1611 die Sonnenflecke entdeckte, erklärte sein geistlicher Vorgesetzter, dass hier zweifellos ein Irrtum vorliegen müsse, da er den Aristoteles zweimal durchgelesen und darin nichts von Sonnenflecken gefunden habe.

In Oxford hatte in der Mitte des 16. Jahrhunderts jeder Magister und Baccalaureus für jeden Fehler gegen Aristoteles 5 Schillinge Strafe zu zahlen.

7) König Philipp von Macedonien schrieb an Aristoteles: »Ich fühle mich den Göttern zu Dank verpflichtet, dass sie den Knaben zu Deiner Zeit geboren werden liessen. Denn von Dir erzogen, hoffe ich, soll er der Nachfolge auf meinem Throne würdig werden«.

8) Durch eine von der Universität Pennsylvanien ausgesandte wissenschaftliche Expedition unter Professor Hilprecht wurde im Trümmerfelde von Nippur die babylonische Nationalbibliothek im grossen Beltempel, der 2280 v. Chr. bei dem Einfall der Elamiten zerstört wurde, aufgefunden. Sie enthält etwa 150 000 Thontafeln, die vermutlich interessante Aufschlüsse über die älteste Geschichte Babyloniens geben werden. In einer Tiefe von 70 Fuss stiess man auf ein Mauerstück, welches spätestens aus dem Jahre 3 800 v. Chr. stammt.

Die neuesten Ausgrabungen in Ägypten reichen über 5000 v. Chr. (über König Mena) hinaus. Zwischen dem ersten Volke und dem verhältnismässig bereits hochkultivierten, welches

Während die Griechen im wesentlichen nur Viehzucht und Ackerbau betrieben und als Hauptprodukte ihres Landes Rinder, Schafe, Wolle, Honig und Holz ausführten, brachten die Kaufleute aus dem Perserreiche schöne buntgefärbte Stoffe[9]) und Kleider von Wolle, Leinwand und Seide, Posamenterien und prachtvolle Teppiche, wohlriechende Öle und unentbehrliche Gewürze, Werkzeuge aus Eisen und Stahl[10]) Panzer

4000 v. Chr. in Ägypten eingewandert war, zeigt sich ein grosser Kulturunterschied. Im Jahre 6000 v. Chr. waren die Metalle noch nicht in Gebrauch, wenigstens fand man einen einbalsamierten Leichnam aus dieser Zeit, welcher im Mumiensaal des britischen Museums ausgestellt ist, dem Waffen aus poliertem Feuerstein beigegeben waren.

Das Eisen wurde in Ägypten zuerst etwa im Jahre 1400 v. Chr. benutzt. Sicher war es nirgendwo früher in Gebrauch. Zwischen die »Steinzeit« und die Zeit der ausgedehnten Verwendung des Eisens fällt die »Broncezeit«.

Um 1500 v. Chr. war auch bereits auf Kreta die Kultur eine weit vorgeschrittene und blühende, wie aus den Wandgemälden des wieder aufgedeckten Palastes des Königs Minos zu erkennen ist, sowie aus dem Fund einer Bibliothek von über 1000 Thontafeln, die bis jetzt noch nicht entziffert sind.

9) Die Kunst, Gewebe herzustellen, ist uralt, denn schon in der Pfahlbau- und Broncezeit wurden Gewebe benutzt. Da die ältesten Kulturländer sich in Gegenden befinden, wo die mittlere Jahrestemperatur etwa 20 Grad beträgt, also Kleider zum Schutze gegen Kälte überflüssig waren, wurden solche zuerst hauptsächlich zum Schmucke hergestellt. Seide war den Chinesen schon vor 6000 Jahren bekannt, scheint aber den Griechen zur Zeit Alexanders noch unbekannt gewesen zu sein. Leinwand wurde schon 2300 v. Chr. in Ägypten fabriziert und vorwiegend zur Herstellung von Luxuskleidern für Priester benutzt. Das griechische »Chiton« bedeutet ebenfalls ein Leinwandkleid. Homer erwähnt die Leinwand als kostbaren Schmuck der Frauen. Ferner wurden leinene Panzer benutzt und leinene Segel, die von den Phöniziern aus Gallien gebracht wurden, jedenfalls auch Seile und Schiffstaue aus Hanf.

Die Kleider, welche man in den Gräbern von Mykenä fand, waren kunstreich genäht, während die homerischen Achäer 1000 Jahre später nur ein einfaches ungenähtes Gewand trugen, das mit Fibeln zusammengesteckt war.

10) Das Eisen wurde in den ältesten Zeiten (von 1400 v. Chr. an) von dem Schmied selbst aus Raseneisenerz und Roteisenstein, durch Erhitzen in einem mit Handblasebalg angefachten Holzkohlenfeuer hergestellt. Man erhielt so, da die Temperatur zur Schmelzung nicht ausreichte, ein schwammiges Roheisen, welches durch Ausschmieden verdichtet wurde. Die Steinmetzen der alten Ägypter benutzten bereits eiserne Hämmer mit Holzstiel und Meisel mit stählerner Spitze. Die alten Babylonier verwendeten auch schon eiserne Sägen. Zu Homers Zeiten wurden Pfeile, Äxte, Messer, Keile, selbst Wagenachsen aus Eisen hergestellt; die meisten Waffen wurden dagegen aus Kupfer geschmiedet, weil sich das Eisen mit den damaligen Hilfsmitteln zu schwer verarbeiten liess. In Troja waren eiserne Münzen in Gebrauch.

Im Palaste Sargons in Babylon (700 v. Chr.) fand man einen grossen Vorrat von aufgestapelten Eisenwaren wie: Enterhaken, Anker, Pickel, Schaufeln, Hämmer, Pflugscharen u. dergl., sowie auch Roheisenluppen, im Gesamtgewicht von 160 000 Kilogramm. Die Luppen hatten die Form spitz zulaufender Doppelpyramiden von gegen $^1/_2$ Meter Länge, am einen Ende mit einem Loch von 20 mm Weite versehen zum Durchziehen eines Strickes, und bestanden aus so vorzüglichem Eisen, dass sie ohne weiteres zu Sicheln, Radbeschlägen und Schraubenmuttern umgeschmiedet werden konnten.

Damaskus musste dem König Phul 800 v. Chr. 5000 Talente Eisen als Tribut abliefern.

Alexander der Grosse erhielt von Porus als wertvolles Geschenk einen Barren indischen Stahls.

Den meisten Stahl bezogen die Griechen von den Chalybern in den Gebirgen Armeniens. Später wurden hauptsächlich auf Elba und in Steiermark Eisenhüttenwerke betrieben.

und Waffen [11]), Kunstgegenstände aus Gold und Silber, Bronce und Zinn [12]), feinverzierte Töpfereien und Glaswaren [13]) und kunstvoll geschliffene Edelsteine und Gemmen. [14])

Kein Wunder, dass Alexander der Grosse, ebenso wie seine Vorgänger, das lebhafte Verlangen trug, ein so reiches Land seinem Scepter zu unterwerfen und die Herrschaft auszudehnen bis zu den Quellen seines Reichtums, bis nach Indien und China. [15])

Warum ist nun dieses Land im Kampfe gegen Alexander unterlegen?

Man sagt gewöhnlich die hohe Veranlagung Alexanders, die Tapferkeit seiner Krieger, die Vortrefflichkeit der macedonischen Taktik seien die Gründe gewesen.

---

[11]) Die Assyrer hatten aus Stahl verfertigte Panzerhemden bereits im Jahre 1000 v. Chr. Im Buch Hiob (200 v. Chr.) werden Ringpanzer, Stückpanzer, Helme und Speerspitzen aus Eisen erwähnt.

[12]) Von Gold wird zuerst im Jahre 1600 v. Chr. berichtet. Man fand es in Ägypten, am obern Indus, in Tibet, am Himalaja, am Altai, in Spanien und in dem rätselhaften Ophir in Afrika. Später auf der Insel Thasos, in Gallien, Siebenbürgen und den Karpathen. Silbergruben bestanden im Lauriongebirge, in Attika und in Spanien, Nubien, Äthiopien, am Altai, Ural, in den Karpathen und der Eifel. Über die ungemein reichen Funde von goldenen und silbernen Gegenständen, sowie von Kupfergefässen, Broncemessern u. s. w. aus dem 2. Jahrtausend v. Chr. in den Gräbern von Mykenä siehe: Hoernes, die Urgeschichte d. Menschen, Wien 1892, Seite 505. Silbermünzen benutzten die Griechen schon 600 v. Chr. Bankanstalten waren die Tempel.

Kupfer wurde im Altertum gewonnen in Scythien, Cypern, Armenien, Macedonien, Calabrien, Attika, Chalkis auf Euböa und am Altai. Ausser Waffen wurden auch Schwellen, Pfosten, Thore, Beile, Speichen u. s. w. nach Homer aus Kupfer gefertigt. Münzen wurden anfänglich gegossen, seit 578 auch geprägt.

Zinn wurde in den ältesten Zeiten anscheinend in Hinterindien gewonnen. Später brachten es die Phönizier aus Spanien und England. In China prägte man schon 1800 v. Chr. Münzen aus Zinn, auch wurden Küchengeräte verzinnt. Ebenso war damals in China sowohl als in Japan die Broncekultur hochentwickelt und auch bei den Tschuden am Altai, von welchen die Griechen viele derartige Waren bezogen. Später standen die Phönizier als geschickte Erzgiesser in besonderem Ruf. Kleine broncene Glocken benutzten schon die alten Assyrer und Ägypter bei ihrem Kultus.

[13]) Die Herstellung gebrannter und glasierter Thonwaren, sowie von Gegenständen aus Glas ist nicht minder alt, als die Gewinnung der Metalle und hat sich wohl im Anschluss an diese entwickelt, indem hierbei mehr oder minder glasartige zähflüssige Schlacken gewonnen werden. Prächtig gefärbte Glasflüsse wurden von den alten Ägyptern als künstliche Edelsteine benutzt. Sie verstanden ferner die Kunst Glas zu blasen, zu schleifen und jedenfalls auch zu polieren. Glasperlen finden sich neben Bernsteinschmuck in den Gräbern von Mykenä aus dem Jahre 2000 v. Chr. Die Bereitung des Porzellans scheint den Ägyptern, ebenso wie den Chinesen, schon früh bekannt gewesen zu sein.

[14]) Das Schleifen und Bohren von Steinen war bereits den Bewohnern der Pfahlbauten bekannt, welche z. B. Beile von Stein mit hölzernen Stielen herstellten. Sehr hoch entwickelt war die Kunst der Steinschleifer bei den alten Assyrern, welche sehr zierliche Gemmen und Kameen herzustellen verstanden.

[15]) In den homerischen Gedichten, 1190 v. Chr., werden griechische Kaufleute noch nicht erwähnt. Nach Überwindung der Flotte der Perser durch die Trieren des Themistokles erlangte der griechische Handel das Übergewicht in der antiken Welt. Zur Zeit des Perikles (460 v. Chr.) war Athen der Mittelpunkt desselben.

Ich glaube nicht, dass es die einzigen waren! Denn der Perserkönig Darius war nicht minder kühn als Alexander, auch er war ein trefflicher Organisator von hervorragendem Scharfblick. Auf seinen Befehl erstanden Strassen und Brücken[16], ja sogar eine Art Postverkehr. Sein Riesenunternehmen, die Vollendung des von Ramses und Necho begonnenen Kanals auf der Landenge von Suez wurde nur deshalb aufgegeben, weil ein Physiker fehlte, der mit Bestimmtheit hätte sagen können, dass die befürchtete Überschwemmung der Niederungen durch das Meer nicht eintreten werde.[17])

Meiner Meinung nach liegt der Hauptgrund der Erfolge Alexanders darin, dass die Griechen, obschon ihnen manches abging, was das Leben angenehm zu machen geeignet ist, doch das weitaus höher kultivierte Volk waren. Sie hatten einen Aristoteles, die Perser nicht. Darin liegt der grosse Unterschied!

Wie hohen Wert die Griechen auf strenges, logisches Denken legten, zeigt die Auffassung Platos, dessen Schüler Aristoteles gewesen war, nach welcher ein der Mathematik nicht kundiger Mensch überhaupt nicht als homo sapiens bezeichnet, sondern einer den Tieren näher stehenden Gattung zugerechnet werden sollte.[18])

Und dass die Griechen Mathematik und Physik nicht nur in der Theorie, sondern auch in der Praxis verstanden, das bezeugt die grosse

---

[16]) Bereits bei den Feldzügen des Cyrus folgten dem Heere vierrädrige Wagen, welche von 4 Pferden gezogen wurden. Inschriften bezeichnen noch heute die alten Kriegsstrassen. Die nach Mac Adam (1819) benannte Methode des modernen Chausseebaues war in China schon seit Jahrtausenden in Gebrauch.

[17]) Bezüglich der Schiffahrt im Altertum ist bekannt, dass auf dem persischen Meerbusen schon um die Mitte des 4. Jahrtausends v. Chr. ein Schiffahrtsverkehr zum Zwecke des Transports grosser Steinblöcke stattfand. Auch der Nil wurde schon in der Mitte des 3. Jahrtausends v. Chr. mit Lastschiffen befahren. Bereits 2000 v. Chr. brachte eine ägyptische Flotte Weihrauch aus Arabien. Die Schiffe der flussabwärts nach Babylon kommenden Armenier bestanden lediglich aus mit Fell überzogenem Weidengeflecht. Seit dem 10. Jahrhundert v. Chr. unternahmen die Phönizier ihre berühmten Fahrten nach dem Goldland Ophir in Afrika. Im 7. Jahrhundert kamen die Trieren auf, im 4. die Penteren. Die älteren Fahrzeuge hatten kein Verdeck und waren deshalb wenig seetüchtig. Hierdurch wird verständlich, dass der Perserkönig Xerxes, um mit seinen 1200 Trieren von Kleinasien nach Griechenland zu kommen die Landzunge mit dem Athosberge durchstechen lassen musste. Aus gleichem Grunde hatten alle alten Seefahrer vor Stürmen oder Unwetter grosse Furcht. Nach beendigter Fahrt wurden die Schiffe mittelst Flaschenzügen und untergelegten Walzen auf das Trockene geschleppt und in Schuppen geschafft zum Schutze gegen den Einfluss der Sonne und des Regens, gegen das Bewachsen durch Organismen und die Zerstörung durch Bohrwürmer. Sehr erschwert wurde die Schiffahrt auch durch den Mangel von Leuchtfeuern und dadurch, dass die Küstenbewohner zuweilen Lichter anzündeten, um das Stranden von Schiffen absichtlich herbeizuführen und sodann die Schiffbrüchigen als Sklaven verkaufen zu können.

[18]) Das älteste uns erhaltene Lehrbuch der Mathematik ist das des ägyptischen Hofmathematikers Ahmes (etwa 1800 v. Chr.) Die Geometrie wurde im 5. Jahrhundert v. Chr. durch Pythagoras und später von Euklid 300 v. Chr. besonders gefördert.

Zahl hervorragender Ingenieure.[19]) Bekannt sind namentlich der Maschineningenieur Archytas, Platos Freund, welcher ein Buch über Mechanik schrieb, der Kriegsbaumeister Polyidus, dessen Werk über Kriegsmaschinen von um so grösserer Bedeutung wurde, als seine Schüler Diades und Chaereas die Kriegsmaschinen für Alexander den Grossen bauten, ferner der Bauingenieur Dinokrates, der Alexander auf allen seinen Kriegszügen begleitete, für Strassen und Brücken sorgte und speziell die technischen Arbeiten bei der Gründung Alexandrias leitete; endlich der Schiffsingenieur Nearchos, der am Indus für Alexander eine grosse Flotte baute, um Alexanders grossartige Pläne, die Herstellung einer Schiffahrtsverbindung von Indien bis zur Landenge von Suez und von hier ins Mittelmeer zur Ausführung zu bringen.

Alexanders früher Tod und der Mangel eines gleich genialen Nachfolgers brachte zum grossen Schaden der damaligen Kultur und des Reiches diese Arbeiten zum Stillstand. Ebenso unterblieb der Bau grosser Strassen zur Verbindung der Provinzen mit dem neugegründeten Alexandria, welches im übrigen seiner vortrefflichen Lage wegen[20]) sich rasch zum Hauptsitz der Bildung und Wissenschaft emporhob und diese Stellung fast ein Jahrtausend hindurch behauptete.[21])

---

19) Von einfachen Maschinen war die Rolle am Kloben, die in der Schiffahrt vielfache Verwendung findet, schon den alten Ägyptern und Assyrern bekannt und wurde von ersteren auch beim Bau der Pyramiden verwendet. Aristoteles beschreibt ferner Hebel, Kurbel, Walze, Wellrad, Flaschenzug und Zahnräder. Auch Kriegsmaschinen sollen bereits den alten Assyrern bekannt gewesen sein. Als eigentlicher Begründer des Kriegsmaschinenwesens wird aber Artemon bezeichnet, welcher zur Zeit des Perikles thätig war. Ferner sind zu nennen Philon, welcher das Arsenal im Piräus bei Athen einrichtete, ein Zeitgenosse Alexanders des Grossen, und Philon von Byzanz, ein Mathematiker, welcher aber auch ein Lehrbuch der Mechanik und speziell ein solches über die Konstruktion von Kriegsmaschinen schrieb. Ausser den grossen Kriegsmaschinen, den „Ballisten", entsprechend unsern Mörsern und den „Katapulten", entsprechend den Kanonen gab es 400 v. Chr. noch die armbrustartigen »Gastrapheten« und die als »Lithobolen« bezeichneten Handwaffen. (Siehe ferner: Merkel, die Ingenieurtechnik im Altertum, 1899, S. 617 ff.)

20) Wie günstig im übrigen die Lage von Alexandria war, zeigt die rasche Entwicklung der Stadt; denn schon 30 Jahre nach der Gründung durch Alexander war sie der Hauptsitz des den Orient und Occident verbindenden Welthandels und der griechischen Gelehrsamkeit.

Auf die Wichtigkeit eines das Mittelmeer mit dem roten Meer verbindenden Kanals, welcher die Seefahrt nach Indien ermöglichen sollte, waren schon Sethos I. und Ramses II. im 14. Jahrhundert v. Chr. aufmerksam geworden. Sie hatten thatsächlich einen Kanal hergestellt, welcher aber wieder zu Grunde ging.

Im 7. Jahrhundert v. Chr. baute Necho einen neuen Kanal unter Aufopferung von 120 000 Menschen, liess aber das Werk unvollendet, weil man ihm die Überzeugung beibrachte, das Unternehmen würde nur dem Auslande zu gute kommen. Darius hatte den Kanalbau 517 v. Chr. wieder aufgenommen, aber aus dem genannten Grunde ebenfalls nicht zu Ende geführt. Erst Ptolemäus Philadelphus einer der Nachfolger Alexanders (285—287 v. Chr.) vollendete den Kanal.

21) Der erste Nachfolger Alexanders Ptolemäus Soter legte den Grund zu dem weltberühmten Museum, einer Hochschule, welche mit dem Königspalast in Verbindung stand und

II. Das Römerreich.

Ein solches Strassennetz, die Hauptbedingung einer geordneten zentralen Verwaltung, entstand aber bald nach Alexanders Tod, auf Veranlassung des Censors Appius Claudius Caecus an anderer Stelle, im römischen Staate, von wo es sich im Lauf eines halben Jahrtausends fast über die ganze damals bekannte Welt ausbreitete.[22] Noch heute sind jene

die Räume für die grosse Bibliothek (400 000 Bände), sowie Wohnungen für die Gelehrten enthielt. Die Gelehrten lebten dort auf öffentliche Kosten. Die Frequenz stieg bis zu 14 000 Studierenden. Zu den berühmtesten Physikern, welche dort lehrten, gehörte Ktesibios, der Erfinder der Druckpumpe, des Cylindergebläses und Windkessels, sowie der sogenannten Wasserorgel und der Feuerspritze; ferner Heron, Erfinder des sogenannten Heronsballs und Heronsbrunnens, der Dampfturbine, des Pulsometers, der auf einem Dampfstrahl tanzenden Kugel und mehrerer Automaten, letztere weisen darauf hin, dass man mit Druckbank und Luftkolben damals schon gut umzugehen wusste). Wohl der berühmteste unter den alexandrinischen Gelehrten war Claudius Ptolemäus (150 n. Chr.), welcher auf verschiedenen Gebieten das gesamte Wissen des Altertums zusammenfasste und auch selbständig erweiterte. Seine Trigonometrie war weit über ein Jahrtausend das beste Lehrbuch dieses Zweiges der Mathematik, und seine Anschauung über den Bau des Weltsystems, welches sich der aristotelischen anschloss, beherrschte das ganze Mittelalter hindurch die Wissenschaft. Von besonderem Interesse ist seine Berechnung der Grösse der Erdkugel und die Bestimmung der geographischen Länge und Breite der wichtigsten Orte. Die optischen und akustischen Kenntnisse fasste er zusammen in einer aus 5 Büchern bestehenden Optik und 3 Büchern Harmonik (Akustik).

Infolge des grossen Bedarfs an Papier durch die Thätigkeit so vieler Gelehrter und Studierender wurde Alexandria nach und nach der Sitz einer blühenden Papierindustrie. Man erhielt das Papier durch Zusammenkleben und Pressen dünner Lamellen des Marks der Papyrusstaude, deren Anpflanzung staatlich gefördert wurde.

Auch die Herstellung von Glasapparaten, welche z. B. die Chemiker der alten Ägypter zu Destillationszwecken gebrauchten, wurde schon in vorchristlicher Zeit in grossem Masstabe betrieben. (Das ägyptische Wort Chemi bedeutet das Land Ägypten, wo anscheinend zuerst chemische Untersuchungen ausgeführt wurden. Als Wissenschaft wird die Chemie zuerst von Maternus zu Ende des 3. Jahrhunderts n. Chr. erwähnt.)

[22]) Die berühmteste darunter war die via Appia, begonnen 312 v. Chr., von welcher einzelne Teile noch heute in Gebrauch sind. Der Regierung in Rom standen ganze Handwerkergilden zur Ausführung der Arbeiten zur Verfügung, denen als Hilfsarbeiter Sklaven oder Kriegsgefangene beigegeben wurden. Zeitweise wurden die Arbeiten auch von Soldaten ausgeführt. Die nötigen Baumaterialien konnte der Staat nach Abschätzung requirieren, ebenso Spanndienste. Terrain musste für die Bauzeit unentgeltlich abgetreten werden.

Von der ausserordentlich soliden Beschaffenheit der Römerstrassen können wir uns heute noch überzeugen.

Dem heutigen Verkehr würden freilich jene Strassen, ungeachtet ihrer soliden Beschaffenheit, nicht genügt haben, denn sie waren viel zu schmal und ihre Benutzung war überhaupt im allgemeinen nur dem Militär und den Staatsbeamten gestattet; Kaufleute, Privatleute, Handwerker u. s. w. durften sie nur gegen einen besonderen Erlaubnisschein benutzen, der schwer zu erhalten war. Sämtliche Strassen gingen von dem Forum romanum aus. Die Hauptlinien waren: Rom—Afrika, Rom—Asien, Rom—Byzanz, Rom—Spanien und Rom—Germanien und Britannien. Durch die Alpen führten 7 Strassen. Karten, auf welchen alle Stationen aufgeführt waren, ermöglichten sich genau über das Strassennetz zu orientieren.

Die römischen Posteinrichtungen waren ähnlich den von Darius eingeführten persischen. In den 3 bis 4 Meilen von einander entfernten Stationshäusern waren stets gesattelte Pferde und

bewundernswert sorgfältig gebauten Römerstrassen teilweise erhalten, ja sogar in Gebrauch und jeder Radler wird ihren tadellosen Zustand sofort beurteilen können, wenn ich hinzufüge, dass Cäsar bei seinen Reisen pro Kilometer nur etwa 6 Minuten gebrauchte, bei Eilfahrten sogar noch erheblich kürzere Zeit.

Mit Leichtigkeit konnten Truppenverschiebungen vorgenommen und jeder Aufstand im Keime unterdrückt, jede Freveltat unverweilt geahndet werden. Ordnung und Sicherheit waren überall im Reiche vorhanden und die Erklärung »civis romanus sum« schützte, wie bekannt den Apostel Paulus sogar inmitten eines Aufruhrs.

Auch zur See verstanden die Römer Verkehrswege zu schaffen.[23]) Mächtige Schiffe, selbst solche von drei Stockwerken und drei Masten wurden gebaut[24]) und das mittelländische Meer verwandelte sich gewissermassen in einen römischen Binnensee mit Alexandria, Antiochia und Karthago

---

Reiter bereit, so dass eine Sendung in einem Tage 56 deutsche Meilen weit expediert werden konnte. Unter Kaiser Augustus wurde die Post als »cursus publicus« bezeichnet. Der Dienst war so gut geregelt, dass Nachrichten aus Kleinasien nach Rom in 20 Tagen gelangten, aus Parma in 5 Tagen. Kaiser Theodosius brachte das römische Postwesen auf den Höhepunkt.

[23]) Vor den punischen Kriegen, d. h. 264 v. Chr., war die Seemacht der Römer gegenüber der der Karthager sehr gering. Letztere sollen sogar sich gebrüstet haben, ohne ihre Erlaubnis könnten die Römer nicht einmal die Hände im Meere waschen. Im Jahre 146 v. Chr. wurde Karthago durch die Römer zerstört und ebenso Korinth. Griechenland wurde römische Provinz und bald darauf auch Macedonien.

[24]) Wie tüchtige Schiffsbauingenieure um jene Zeit existierten, geht daraus hervor, dass man sich schon zu Alexanders des Grossen Zeit an einem Zehnruderer versuchte. Das ägyptische Kornschiff Isis, ein Dreimaster, war 54 Meter lang, 14 Meter breit und 13 Meter tief und besass eine Tragfähigkeit von 2670 Tonnen. Unter Ptolemäus Soter von Alexandria versuchte man bereits einen Zwölfruderer herzustellen. Das von König Hiero in Syrakus dem König Ptolemäus Philopater in Alexandria zum Geschenk gemachte Schiff mit 20 Ruderreihen war nach Angaben von Archimedes durch Archias erbaut worden. Es war 128 Meter lang, 18 Meter breit und 22 Meter hoch. Das unterste Stockwerk diente für Lasten, das zweite für Säle, das dritte für Soldaten. Säle, Zimmer und Promenaden waren aus Cedern- und Cypressenholz hergestellt, die Beschläge aus feuervergoldetem Kupfer. Die Verzierungen waren mit Gold und Edelsteinen besetzt. Ausser den Masten, an welchen Segel aus Leinwand mit purpurnem Saum hingen, waren auf dem Verdeck noch 8 Thürme mit Kriegsmaschinen angebracht. Eiserne Zangen ermöglichten feindliche Schiffe festzuhalten. Ein Teil des Verdecks, das jedenfalls durch Blei wasserdicht gemacht war, bildete einen Garten. Auch aussen war das Schiff durch einen dünnen Bleiüberzug gegen die Einwirkung des Wassers geschützt. Die 400 Ruder waren in 5 Etagen über einander verteilt und wurden von 2400 Ruderknechten bedient. Der nötigen Ablösung halber musste natürlich die gesamte Schiffsmannschaft doppelt so gross sein.

Eine von den Römern (260) gemachte wichtige Verbesserung der Kriegsschiffe, die ihnen im ersten punischen Kriege wesentliche Dienste leistete, waren die Enterbrücken. Auf dem Rhein unterhielten die Römer in späteren Zeiten eine Kriegsflotte, welche zur Zeit des Drusus aus 1000 Schiffen bestand.

Besondere Erwähnung verdienen auch die kleinen schnell segelnden Schiffe der Römer, welche im Anschluss an die Landpost, den cursus publicus, Briefschaften und Nachrichten über die Meere brachten.

als Hauptstapelplätzen.[25] Alljährlich fuhr eine grosse Flotte von der Landenge von Suez nach Indien, um von dort die bekannten Kostbarkeiten: Gewürze, Edelsteine und prächtige Stoffe zu holen.

Wie grossartige Dimensionen der Handel annahm, geht daraus hervor, dass sich allmählig ein regelrechter Bankverkehr[26] herstellte. Man sagte: »Jeder in Gallien umgesetzte Pfennig gehe durch die Bücher der römischen Kaufleute«.[27])

Auch der Rechtszustand war ein wohlgeordneter und entwickelte sich nach und nach zu dem auch heute noch hochgeschätzten römischen Recht«.

Aber zu alledem war Papier nötig und solches war nur schwer zu beschaffen.[28]) Die Bereitung des chinesischen Papiers war allerdings infolge der Züge Alexanders des Grossen in Kleinasien bekannt geworden, aber es fehlte das nötige Rohmaterial. Das meist gebrauchte Papier wurde in Alexandria aus dem Marke der Papyrusstaude bereitet und der Konsum war ein so gewaltiger, dass die Fabrikanten zeitweise den Bedarf bei weitem nicht decken konnten. Unter Kaiser Tiberius entstand sogar ein Papierkrawall, der nur dadurch wieder beigelegt wurde, dass von Staatswegen alles vorhandene Papier gesammelt und gleichmässig verteilt wurde.

Rom wurde die Hauptstadt der Welt und alle Waren, welche die Welt nur bieten konnte, strömten dort zusammen. Wenn auch der moderne Grosstädter dort manches vermisst haben würde — das Fahren mit Wagen in den Strassen der Stadt war verboten[29]) und wegen deren

25) Zu den Hafenbauten benutzten die Römer hydraulischen Mörtel aus Puzzulanerde, gewonnen aus der Gegend von Cumä und Puteoli, womit sie bereits Betonbauten ausführten; ausserdem sehr guten gewöhnlichen Mörtel.

26) Der Handel wurde damals gefördert durch ein Reichswährungssystem, einen Depositen- und Girobankverkehr, Bazare, Börsen, Lagerhäuser und Docks, wie sie erst im 19. Jahrhundert wieder ihresgleichen finden.

27) Das ist um so auffallender, als das Rechnen bei dem umständlichen römischen Zahlensystem sehr zeitraubend und mühsam gewesen sein muss.

28) In den älteren Zeiten dienten zum Schreiben gewöhnlich Holztafeln, oft von sehr geringer Dicke, mit Wachs überzogen, oder für Schriftstücke, welche besondere Dauer haben sollten, Bleiplatten oder Kupferblech, wobei man sich zum Schreiben eines eisernen Griffels bediente. Des besseren Aussehens halber wurden die Holztafeln gewöhnlich weiss angestrichen, daher der Name »Album«. Die in das Wachs eingeritzten Schriftzüge konnten leicht durch Ebnen des Wachses mit dem Griffel wieder beseitigt werden. Die so bearbeitete Tafel hiess »Tabula rasa«. In Ägypten war schon im 4. Jahrtausend v. Chr. das Papyruspapier in Gebrauch, auf welches mit einer Tinte, bestehend aus einer Mischung von Russ mit Gummiarabicumlösung oder mit Sepia geschrieben wurde. Solches Papier diente auch Alexander dem Grossen für amtliche Erlasse und wurde später in grosser Menge in Griechenland und Italien gebraucht. Eine Konkurrenz erwuchs demselben in dem in Pergamon erfundenen Pergament, obschon der Bogen etwa 4 Mark kostete.

29) In den engen Strassen der Städte war das Fahren entweder überhaupt verboten (manchmal durch eingesetzte grosse Steine geradezu unmöglich gemacht), oder mindestens nur vor Sonnen-

Enge auch meist nicht möglich, von nächtlicher Strassenbeleuchtung war keine Rede, wer nachts ausgehen wollte, mochte sich eine Laterne mitnehmen —, so war doch für alle wesentlichen Bedürfnisse, insbesondere für die Ernährung der Einwohner durch grossartige Getreidezufuhr und reichliche Wasserversorgung aufs beste Sorge getragen.

Weite Wasserleitungsröhren konnte man freilich noch nicht herstellen, man war genötigt das Wasser in Kanälen zuzuleiten und staunend betrachtet noch heute der Wanderer die Überreste jener kolossalen Aquädukte, welche in einer Länge gleich der Entfernung von Frankfurt a. M. bis Salzburg und zwar 47 km auf gemauerten Bogen und 352 km unterirdisch nach Rom geführt waren mit einem Gesamtquerschnitt, der einer Rohrleitung von 3 m Durchmesser entspricht.

Engere Leitungsröhren aus Blei konnte man wohl herstellen, aber nur in Stücken von etwa drei Meter Länge bis zu einer Weite von 30 cm und mit 3 bis 35 mm Wandstärke, auch muss die Herstellung eine sehr mühsame gewesen sein, da die Röhren durch Zusammenbiegen von Platten und Verlöten der Ränder gewonnen wurden.[30] Immerhin baute man schon Hochdruckleitungen bis zu einem Druck von 20 Atm., die an den gefährlichen Stellen durch Ummauerung solider gemacht wurden. Man fertigte selbst broncene Hähne ähnlich den heutigen, ja sogar grössere Kessel für Badezwecke. Wie gross der Konsum an Bleiröhren war, lässt sich daraus erkennen, dass in den laurischen Bergwerken Attikas, woher das Blei bezogen wurde, noch jetzt 40 Millionen Zentner Schlacken aus jener Zeit liegen, die aufs neue verarbeitet werden, weil die alten Methoden der Bleigewinnung zu unvollkommen waren, das Blei gänzlich aus den Erzen auszubringen.

---

aufgang oder in den beiden letzten Tagesstunden gestattet. Ebensowenig gab es Strassenbeleuchtung. Wer spät abends über die Strasse wollte, musste sich eine Laterne vorantragen lassen. Erst im 3. Jahrhundert n. Chr. waren die prächtigen Säulenpromenaden in Antiochia beleuchtet, da sich der Wärme wegen die Nacht besser zur Erholung eignete als der Tag.

30) Dem Lötzinn waren (in Köln) 8 Prozent Zink beigemischt. Manche Röhren wurden auch durch Verschmelzen der Plattenränder hergestellt oder durch Überfalzen und Dichten mit Kitt.

Der Umstand, dass man Druckleitungen durch Ummauerung widerstandsfähiger zu machen suchte, zeigt, dass die Herstellung genügend starker Röhren damals noch nicht gelang. Ob zum Löten eine Art Spirituslampe, ähnlich der heutigen, gebraucht wurde, erscheint sehr fraglich. Heron (120 v. Chr.) kannte allerdings bereits die Äolipile und die Destillation wurde in Ägypten schon seit uralten Zeiten geübt, aber von Spiritus wird erst im 8. Jahrhundert gesprochen. (Man erhielt ihn durch Destillation von Wein, woher der Name Weingeist.) Ebensowenig war jedenfalls den Römern das Lötwasser bekannt, da Chlorzink erst 1648 entdeckt wurde. Wahrscheinlich wurde wie noch heute beim Löten der Bleiröhren Fett oder Harz (Kolophonium) zur Verhinderung der Oxydation benutzt, möglicherweise auch Salmiak, welcher zu Anfang des Mittelalters in Ägypten aus Kameelmist dargestellt, aber auch in vulkanischen Gegenden Armeniens gefunden wurde. Walzwerke zur Herstellung von Bleiplatten waren den Römern unbekannt und hätten auch nach dem damaligen Stande der Eisentechnik nicht hergestellt werden können.

Es ist ergötzlich zu sehen, wie grosse Schwierigkeiten den Römern die Unkenntnis der einfachsten physikalischen Gesetze bei der Wasserversorgung bereitete. Der römische Wasserwerksdirektor Frontinus im ersten Jahrhundert nach Chr. hatte beständigen Streit mit den Kunden des Wasserwerks, welche er des Betrugs beschuldigte, weil seine Berechnungen des Wasserverbrauchs nicht stimmen wollten. Der Grund war aber einzig der, dass amtlich der Verbrauch, statt durch einen Wasserzähler wie heute, durch Einschaltung eines Rohrstückes von bestimmtem Querschnitt gemessen wurde, die Druckhöhe des Wassers aber unbeachtet blieb!

III. Das Christentum.

Aristoteles bezeichnet es als das Hauptziel der Politik, die Bürger des Staates möglichst glücklich zu machen.[31]) Wer einmal ein Panorama des alten Rom oder Pergamon gesehen oder sinnend in den Ruinen Pompejis umhergewandelt ist und die zierlichen Kunstgegenstände aus jener Zeit in den Museen bewundert hat, der könnte wohl der Meinung sein, dass jenes Ideal des Politikers Aristoteles in jenen Städten erreicht war, wo nicht nur Gesetz und Ordnung herrschte, sondern klassische Kunst in Verbindung mit paradisisch schöner Natur das Leben so angenehm gestalten musste, dass man fast bedauern könnte, nicht um jene Zeit gelebt zu haben.

Von einer solchen idealen Politik war aber das Römerreich weit entfernt! Es krankte an einem tiefgehenden Übel, dem es notwendig erliegen musste, der Sklaverei. Wohl sorgte der Staat für das Wohlergehen seiner Bürger, aber die Mehrzahl der Bewohner, diejenigen, welchen das traurige Los der Sklaven zufiel, waren davon ausgeschlossen!

Arbeit verachtete der alte Römer ebenso wie der Grieche. Sie war Sache der Sklaven.[32]) Ungeheuere Mengen von Sklaven waren deshalb

---

31) Auch heute noch betrachten wir als das Hauptziel der Politik die Zufriedenheit und Wohlfahrt aller Bürger, nicht erzeugt durch Genuss vorübergehenden Glückes, sondern durch Entfaltung und Entwicklung der Eigenart eines Jeden in der Richtung auf das Wahre, Gute und Schöne. (van Calker, Politik als Wissenschaft. Rede zur Kaisergeburtstagsfeier. Strassburg 1898.) Bezüglich der Mittel zur Erreichung dieses Zweckes dürfte freilich der moderne Politiker die Politik des Aristoteles ebenso lückenhaft finden, wie der Physiker dessen Physik.

32) Solange nur jene paradiesischen Länderstrecken bewohnt waren, wo die Isotherme von 20 Grad auf grössere Ströme trifft, zum Beispiel die Flussgebiete des Euphrat und Tigris, des Nil, des Indus und Ganges, des Hoango und Jantsekiang, wo infolge des milden Klimas, des Reichtums an Wasser und an fruchtbarer Erde, das Bedürfnis nach Nahrung, Kleidung und Wohnung an sich ein geringes ist und die Natur von selbst das bietet, was zum angenehmen Dasein des Menschen notwendig ist, mochten die Sklaven noch unnötig sein. In dem Masse aber, als mit steigender Kultur, insbesondere infolge der Verbesserung der Waffen und Verdrängung der wilden Tiere die Bevölkerungsziffer zunahm, somit auch minder fruchtbare Gegenden besiedelt werden

nötig, sodass die Nachfrage das Angebot weit überwog.[33]) Beispielsweise wurde die Wasserhaltung in Bergwerken meist lediglich durch lederne Eimer bewirkt, die von Hand zu Hand gingen oder durch einfache von Hand betriebene Eimerkünste. In den Bergwerken in Attika waren 60 000 Sklaven beschäftigt und in den Bergwerken Spaniens grub man mit den allerprimitivsten Werkzeugen, mit Hammer und Meissel Schächte bis zu 210 m

mussten, war eine Scheidung in Freie und Sklaven unausbleiblich, denn nun mussten mühsame Arbeiten ausgeführt werden, welche naturgemäss die Stärkeren den Schwächeren zuzuschieben suchten. Zu diesen Arbeiten gehörten vor allen Dingen die Ausführung jener grossartigen Bewässerungsanlagen, bestehend aus hunderten zum Teil sehr langer und der Schiffahrt zugänglicher Kanäle, welche dem Ackerland das Wasser zuführten und die Fortschaffung der Produkte ermöglichten, von Schutzvorrichtungen gegen das Hochwasser, bestehend aus Dämmen und Ablaufkanälen, sowie von Trainierungsanlagen zur Entwässerung versumpfter Landstrecken, endlich von Schöpfrädern und anderen Wasserhebevorrichtungen, um auch bei niedrigem Wasserstand die Bewässerungskanäle in genügend ausgiebiger Weise mit Wasser versorgen zu können. Beispielsweise liess Nebukadnezar zur Beseitigung des Euphrathochwassers einen 600 Meter langen Kanal herstellen. Derselbe wurde im Interesse der Bewässerungsanlagen im November jeden Jahres wieder geschlossen, wozu die Arbeit von 10 000 Menschen während 3 Monaten erforderlich war. Durch sogenannte Eimerwerke wurde das Wasser zur Bewässerung der sogenannten hängenden Gärten bis auf 92 Meter Höhe befördert. Zur Herstellung der nötigen Bauten wurden, da man gewöhnlichen Mörtel noch nicht kannte und die Herstellung gebrannter Ziegel wegen der Schwierigkeit der Beschaffung von Brennmaterial meist unthunlich war, in der Regel ungebrannte Backsteine benutzt, welche entweder lose aufeinander geschichtet, oder durch Asphalt verbunden wurden. Nur an solchen Stellen, wo stärkerer Eingriff des Wassers erwartet werden konnte, wurden gebrannte Ziegel benutzt, und eine Art hydraulischen Mörtels, bestehend aus einem Gemisch kalkartiger Erde mit Asche. Dass derartige Bauten keinen grossen Bestand haben konnten und demgemäss eine grosse Schar von Sklaven beständig damit beschäftigt werden musste, die entstehenden Schäden auszubessern, ist selbstverständlich. Besonders grossen Arbeitsaufwand bedingte die Herstellung der in den grossen Flüssen zur Aufstauung des Wassers nötigen Querdämme, welche, um in dem weichen Erdreich haltbar zu sein, aus grossen durch Eisenklammern verbundenen Quadern hergestellt wurden. Auch künstliche Seen, sogar Thalsperren wurden zu gleichem Zwecke hergestellt. In späterer Zeit zeigen die Bauten anerkennenswerte Haltbarkeit. So ist der 3000 Jahre alte Semiramiskanal südlich der Zitadelle von Wan noch heute in Gebrauch. Die Stützmauern haben stellenweise 12—15 Meter Höhe und 4—6 Meter Dicke. Als sich die Kultur auf kältere Gegenden, z. B. Macedonien mit der mittleren Jahrestemperatur 14°, erstreckte, welche früher nur von pelzstarrenden Barbaren bewohnt waren, machte die Herstellung der für die Kleidung nötigen Gewebe und der Wohngebäude weitere Scharen von Sklaven notwendig, weshalb denn Aristoteles den bekannten Ausspruch that: »Wenn Meissel und Weberschiffchen von selbst sich bewegten, würde die Sklaverei nicht notwendig sein«. Auch der Ackerbau verlangte in diesen Gegenden, wo Reis und Datteln als Nahrung nicht mehr genügten, grössere Massen von Arbeitskräften; ebenso die Zunahme der Handelsbeziehungen und der staatlichen Verwaltunggeschäfte. Der Sklavenhandel wurde für den Kaufmann des Altertums eines der lukrativsten Geschäfte. Schon die Armeen Alexanders des Grossen waren von ganzen Scharen von Sklavenhändlern begleitet, welche auf den Schlachtfeldern die Kriegsgefangenen aufkauften. Der syrische Feldherr Mikanor soll schon im Voraus den Preis der Gefangenen festgesetzt haben, fünfzig Mark pro Mann. Zur Zeit der Römer bezeichnete man Gallien als eine wahre Goldgrube für den Kaufmann, da dort unter Umständen Sklaven gegen einen Krug Wein eingetauscht werden konnten.

33) Reiche Römer hielten ganze »Heerden« von Sklaven. Z. B. Cäcilius Claudius Isidorus besass ungeachtet grosser Vermögensverluste noch 4116 Sklaven. In ganz Italien betrug die Zahl der Sklaven etwa 18½ Millionen, während die freie Bevölkerung nur etwa 5 Millionen Köpfe umfasste. Die Kriegsgefangenen in den zahlreichen Kriegen genügten bei weitem nicht, den Bedarf

Tiefe und mit einem Hohlraum von 300 000 Kubikmeter. Kein Wunder, dass die Bergwerksarbeit fast gleich der Todesstrafe erachtet wurde und dass, besonders im ersten Jahrhundert v. Chr., mannigfache Sklavenaufstände ausbrachen, die nur mit Mühe unterdrückt werden konnten.[34]

an Sklaven zu decken, obschon es üblich wurde die ganzen Bevölkerungen eroberter Städte in die Sklaverei zu verkaufen. Es mussten vielmehr systematisch betriebene Sklavenjagden in allen Ländern, Italien selbst nicht ausgenommen, für das nötige Material sorgen. Im Jahre 100 v. Chr. erklärte sich der König Nikomedes von Bithynien für unfähig, den verlangten Zuzug zum römischen Heere zu leisten, weil alle arbeits- und waffenfähigen Leute aus seinem Reich weggeschleppt worden seien. Auf dem Sklavenmarkte zu Delos wurden an einem einzigen Tage über 10 000 Sklaven verkauft. Die Preise waren je nach den Fähigkeiten ausserordentlich verschieden. Zur besten Ware gehörten schöne Mädchen und tüchtige Köche, das Stück zu 20 000 Mark, ein Verwalter kostete 30 000 Mark, ein Eunuch 100 000 Mark, ein Lehrer oder sonstiger Litteratursklave über 150 000 Mark. Eine rechtmässige Ehe konnte der Sklave nicht eingehen, da es ja ganz im Belieben des Besitzers stand ihn selbst oder die Frau oder die Kinder zu verkaufen oder gar zu tödten. Bekannt ist, dass in einzelnen Fällen Sklaven sogar als Futter zum Mästen von Fischen benutzt wurden.

Erst im 2. Jahrhundert n. Chr. wurde das Recht der Herren über Leben und Tod ihrer Sklaven beseitigt.

Die Sklavinnen, die eine vornehme Römerin zu bedienen hatten, mussten stets mit entblösstem Oberkörper erscheinen, damit die Gebieterin sie im Fall der Unzufriedenheit ohne Umstände zerkratzen oder mit Nadeln stechen konnte.

Juvenal berichtet folgendes Zwiegespräch zwischen Frau und Mann: Frau: »Lass diesen Sklaven kreuzigen! — Mann: »Womit hat der Sklave diese Strafe verdient? wer tritt als Kläger, wer als Zeuge auf? Höre seine Verteidigung! Wo es um eines Menschen Tod sich handelt, kann man zu lang sich nicht besinnen!« — Frau: »Du Narr! Ist denn der Sklave gar ein Mensch? Wenn er auch nichts verbrochen hat — nun gut, ich will es so, ich befehle es, mein Wille muss Dir genug sein, und alle Beweise ersetzen«.

War ein Römer ermordet worden, so wurden zunächst ohne jede Untersuchung seine sämtlichen Sklaven hingerichtet.

Alte oder kranke Sklaven, welche zur Arbeit untauglich und unverkäuflich geworden waren, setzte man aus in die Wildnis, mochten sie selbst sehen, wo sie Nahrung und Schutz gegen die Unbilden des Wetters finden konnten.

34) Im Anfang des 2. Jahrhunderts v. Chr. wurde in Apulien eine Sklavenverschwörung entdeckt, bei welcher Gelegenheit 7000 Hinrichtungen stattfanden. Im Jahre 133 v. Chr. wurden in Sinuessa 4000 Sklaven hingerichtet. 135 v. Chr. wurden in Sicilien über 20 000 Sklaven ans Kreuz geschlagen. 104 v. Chr. gelang es erst nach 5jährigen harten Kämpfen einen Sklavenaufstand niederzuschlagen. Bei dem Sklavenaufstand im Jahr 73—71 wurden zunächst 12 300 Sklaven niedergehauen, sodann auch noch der Rest der Empörer, deren Zahl nicht bekannt ist. Allein an der Via Appia standen 6000 Kreuze.

Der zunehmende Mangel an Sklaven giebt sich auch darin kund, dass bereits 100 Jahre v. Chr. Mühlen mit Wasserrädern getrieben wurden, während früher die Bewegung der Mühlsteine meist Sache der Sklaven war, obschon die Wasserräder nicht etwa erst um jene Zeit erfunden wurden. (Bei Hassan Kef finden sich 17 über einander befindliche Turbinenmühlen, deren Alter etwa auf 800 Jahre v. Chr. geschätzt wird.)

Der Verfall der grossen Bewässerungsanlagen in Palästina, Mesopotamien u. s. w. wegen Mangels der erforderlichen Geldmittel zur Beschaffung der Sklaven, der freilich zumteil auf die Erpressung der römischen Stadthalter zurückzuführen ist, lässt ebenfalls einen Schluss auf das geringe Angebot von Sklaven in damaliger Zeit zu. Salzrinden bedecken heute die Flächen der einstigen Seen, und unfruchtbare Heideländer mit Sümpfen, in denen Schilf wächst, sind an Stelle der ausgedehnten schönen Gärten und der üppigen Kornfelder getreten, die früher zu den fruchtbarsten der Erde gehörten. (Vergl. auch Rehbock, der wirtschaftliche Wert der Subtropen in seiner Abhängigkeit von der Wasserfrage, Berlin 1900.)

Dazu gab es keine Religion, welche jene bedauernswerten Menschen durch die Hoffnung auf ein besseres Dasein getröstet hätte[35], denn die Verehrung der Götter war nach und nach fast völligem Unglauben gewichen.

Schon die Philosophen der Griechen, Sokrates, Plato und besonders Philo von Alexandrien hatten sich viele Gedanken gemacht über das Rätsel des Lebens und hatten die Lehre von der Vielheit der Götter verworfen. Da erschien Christus und lehrte: Es giebt nur einen Gott, es giebt nur eine Art Menschen! Das irdische Leben ist nur eine kurze Prüfungszeit und ihm folgt ewige Glückseligkeit für alle, die den Geboten Gottes gehorsam waren, Verdammnis für die Sünder. Alles Irdische ist nichtig. »Selig sind die Armen, denn ihrer ist das Himmelreich. Die Sklaverei ist ein Verbrechen und dient nur dem sündhaften Wohlleben. Wahrlich, wahrlich sage ich Euch, eher geht ein Kamel durch ein Nadelöhr, als ein Reicher in das Himmelreich«.

Langsam aber stetig breitete sich die erhabene Lehre weiter aus und nach wenig Jahrhunderten finden wir sie bereits als Staatsreligion.[36]

Indem aber das Christentum die Sklaverei vernichtete, vernichtete es auch die ganz auf diese gegründete antike Kultur und indem es den Glauben an die Götter zerstörte, zerstörte es auch die Wissenschaft, die als ein Teil des Götterdienstes in den Tempelschulen gelehrt und gepflegt wurde.[37]

---

35) Die Staatsreligion mit ihren vielen Göttern und auf Täuschung der Menschen berechneten Zauberkünsten — man denke an die sprechenden Götzenbilder, die von Heron beschriebenen Mechanismen an Altären zur selbstthätigen Öffnung von Tempelthüren nach Entzündung des Opferfeuers u. dergl. — konnte keinen Eindruck mehr auf die Menschen machen, und thatsächlich herrschte der krasseste Atheismus.

36) Schwerwiegend war besonders der Umstand, dass die Bildung der arbeitenden Sklaven thatsächlich zunahm, und nicht mehr überragt wurde von der ihrer Herren, welche sittenlosem Wohlleben ergeben waren.

Die Geringschätzung der Wissenschaft bei den Römern findet einen treffenden Ausdruck in dem Ausspruch des Dichters Lucilius: »Nützlicher ist mir mein Gaul, mein Mantel und Zeltdach, als der Philosoph«. Selbst Cicero spricht sich in wegwerfender Weise über den Lehrerstand aus: »Ein anständiger Mensch muss, streng genommen, Gutsbesitzer sein . . . Durch die Wissenschaft als Beruf mögen Griechen und allenfalls noch die, nicht zu den herrschenden Klassen gehörenden Römer sich in anständiger Gesellschaft Duldung erkämpfen«.

Wohl übernahmen die Römer die Kenntnisse der Griechen und entwickelten deren Technik weiter, zur Verbreiterung der wissenschaftlichen Grundlage trugen sie aber nur äusserst wenig bei.

Ihre naturwissenschaftlichen Kenntnisse wurden hauptsächlich von Plinius 23 bis 79 n. Chr. gesammelt, welcher unter Nero und Vespasian höhere militärische Ämter bekleidete, und in freien Stunden, besonders in nächtlicher Zeit (bei welcher Beleuchtung?) aus nicht weniger als 2000 Werken das Material für seine »Naturgeschichte« auszog.

37) Bei den alten Assyrern und Ägyptern war es die Aufgabe einer besonderen Klasse Priester, die astronomischen Erscheinungen zu beobachten und danach die Zeit festzustellen. Ihnen lag auch die Ordnung des Mass- und Gewichtswesens ob und die Bewahrung der, wenn auch geringfügigen, mathematischen, physikalischen und technischen Kenntnisse, wodurch naturgemäss ihr Ansehen gegenüber dem Volke, welches sich derartige Kenntnisse, z. B. die Voraussage von Sonnen-

Die Bergwerke stellten ihren Betrieb ein, die Werkstätten verödeten, der Handel erlahmte, denn es fehlte die wichtigste Ware, die menschliche, der Sklave. Strassen und Kanäle kamen in Verfall und die einheitliche, kräftige Regierung des Riesenreiches wurde zur Unmöglichkeit. Die Philosophenschulen erloschen und Pabst Gregor I. verbot grundsätzlich alles Studium der heidnischen Schriften.[38])

IV. Die Araber.

Wie um die Kultur vollständig zu vernichten, breitete sich auch über die Euphratländer, Syrien und Ägypten der Islam aus und im Jahre 641 fiel ihm gar die alte Zentrale der Wissenschaft und Bildung Alexandria in die Hände.

Mochten nun aber auch zu Anfang die Araber ähnlich wie Papst Gregor dem Grundsatz huldigen, dass ihre heilige Schrift, der Koran alles enthielte, was zu wissen nötig wäre und anderes nur schädlich sei[39]) — verbot doch ihre Religion geradezu alle Neuerungen — so gewannen sie immerhin bald Interesse an der Wissenschaft[40]) pflegten die durch Alexander des Grossen aus Indien herüber gekommene Arithmetik und Trigonometrie, sowie die

---

und Mondfinsternissen, die Herstellung von allerlei Zauberapparaten nicht erklären konnte, ins Ungemessene stieg. So kam es, dass der Name „Magier", der ursprünglich gleichbedeutend mit Priester war, die Bedeutung „Zauberer" erhielt. Bei den Griechen und Römern waren die Tempel geradezu die Schulen der Bau- und Ingenieurkunst. Pontifex bedeutet Brückenbauer, aber auch Priester.

Pontifices waren vermutlich in ältester Zeit die Ingenieure, welche die Pfahlroste herstellten, auf welchen die Niederlassungen der Italiker aufgebaut waren und Pontifex maximus deren Vorsteher. Später war allerdings der Pontifex maximus (Oberpriester, Pabst) nicht auch zugleich der Oberbaudirektor des Strassen- und Brückenbaues, wie wir heute sagen würden, sondern es gab besondere Baubehörden, von welchen die Ausführung der Arbeiten an sachverständige Unternehmer übertragen wurde.

38) Rom war im 5. Jahrhundert in den Besitz des kirchlichen Primats gelangt und dadurch zum Mittelpunkt des Abendlandes geworden.

Tertullian sagt: »Forschung ist nach dem Evangelium nicht mehr von Nöten«. Eusebius äussert sich: »Nicht aus Unkenntnis der Dinge, die die Naturforscher bewundern, sondern aus Verachtung ihrer nutzlosen Arbeit denken wir gering von ihrem Gegenstand und wenden unsere Seele der Beschäftigung mit bessern Dingen zu«.

39) Die grosse Bibliothek war schon bei Belagerung der Stadt durch Cäsar im Jahre 47 v. Chr. in Flammen aufgegangen, indess schenkte später Antonius der Kleopatra die 200 000 Bände starke Bibliothek, welche die Könige von Pergamon gesammelt hatten. Unter Theodosius dem Grossen ging im Jahre 389 auch diese Bibliothek in Flammen auf. Immerhin waren noch erhebliche Bücherschätze zur Zeit der Eroberung der Stadt durch die Araber vorhanden, die Mehrzahl derselben war aber zuvor nach Konstantinopel gebracht worden.

40) Bekannt ist, dass Harun Arraschid zur Krönung Karls des Grossen, der ebenso wie der Erstere nicht nur als Meister der Politik, sondern auch als Freund und Förderer der Wissenschaften, weit über andere Herrscher jener Zeit hervorragte, eine Gesandtschaft beorderte, welche als Geschenk eine kunstvolle Wasseruhr überbrachte. Unter Abdallah Almamûn, dem zweiten

Mathematik und Physik der Griechen, errichteten Hochschulen sogenannte Medresen nach dem Muster des alexandrinischen Museums, die sich reicher Mittel und grosser Frequenz erfreuten [41]) und trugen sehr viel bei zur Erhaltung der antiken Kultur, was möglich war, weil der Islam, nicht wie die Religion der Liebe, das Christentum, die Sklaverei untersagte.

Sohn von Harun Arraschid, erreichte 444 die Wissenschaft in Bagdad ihre höchste Blüte. Er führte eine Messung des Erdumfangs aus (welche übrigens schon Eratosthenes versucht hatte) und fand ihn ungefähr gleich 44 Millionen Meter nach unserm heutigen Masse (statt 40 Milionen). Im Jahre 960 gelangten arabische Kunst und Wissenschaft in Spanien zur Blüte, doch begann nunmehr das Kalifenreich aus ähnlichen Gründen wie das Römerreich zu zerfallen.

41) Schon oben wurde der Magier gedacht, jener Priester der Meder und Perser, welchen zugleich auch die Pflege der Wissenschaften oblag und ganz besonders die Erziehung der Prinzen. Auch bei den Griechen lag ein Teil des höheren Unterrichts in der Hand der Priester. Ausser ihnen gab es aber, speziell zur Zeit des Perikles, umherziehende Lehrer, welche gegen Honorar Unterricht, besonders in der Rhetorik erteilten, welche aber als Hauptkunst des Redners nicht etwa die Gewandtheit, irgend eine Wahrheit überzeugend darzustellen verstanden, sondern die Geschicklichkeit, die Zuhörer zu täuschen oder zu überreden, d. h. ihnen auch das Gegenteil der Wahrheit glaubhaft zu machen. Das Erforschen der Wahrheit lag diesen sogenannten Sophisten also durchaus fern. Eine Änderung hierin trat ein mit dem Auftreten des Sokrates und seines Schülers Plato, der selbst wieder Lehrer des Aristoteles war. Plato pflegte seine Vorträge zu halten in der Akademie, d. h. in dem Garten des Academos, einem mit Anlagen versehenen Platz an der nördlichen Seite der Stadt Athen. Aristoteles hatte seine Schule im Lyceum in Athen, einem ursprünglich dem Gott Apollo, geweihten Heiligtum, welches später als Gymnasium, d. h. als Turnhalle gebraucht worden war. Eine Fortsetzung fanden diese höheren Philosophenschulen in dem »Museum« in Alexandria, dessen ebenfalls schon oben gedacht wurde, und in der nach Eroberung Griechenlands durch die Römer in Athen gegründeten Philosophenschule, von welcher die als Athenäen bezeichneten Tochteranstalten in Rom, Lyon, Nimes und Konstantinopel ihren Ausgang nahmen. Unter den Arabern machte die Organisation der Hochschulen (Medresen), von welchen im westlichen Reiche besonders die von Cordoba, Toledo, Syrakus und Bagdad bekannt waren, erheblichen Fortschritt. Die Professoren waren glänzend besoldet und auch für Kost, Wohnung, Kleider und Bücher der Hörer war reichlich gesorgt. Die Bibliothek der Hochschule in Cordoba z. B. enthielt 300 000 Bände. Manche dieser Hochschulen zählten Tausende von Studierenden. Ob auch christliche Studierende aufgenommen wurden, ist nicht erwiesen. Man erzählt, Gerbert, der spätere Papst Sylvester II., habe an einer solchen mohammedanischen Hochschule Mathematik studiert, weshalb die Mönche behaupteten, er habe dort seine Seele dem Teufel verschrieben. Jedenfalls brachte Gerbert von dort das arabische Ziffernsystem mit, welches sich nun langsam zunächst bei den Kaufleuten, besonders durch das Vorgehen des Leonardo Pisano (1200) verbreitete, indes erst viel später, nachdem Adam Riese (1492—1559) sein bekanntes Rechenbuch geschrieben hatte, allgemein in Gebrauch kam. Von physikalischen Kenntnissen, welche Gerbert mitbrachte, werden namentlich die Konstruktion der Räderuhren und einer Dampforgel genannt. Dass die Araber um jene Zeit Räderuhren wirklich kannten, geht daraus hervor, dass Sultan Saladin (1232) eine solche an Kaiser Friedrich II schenkte. Ferner waren den Arabern bekannt: Die Lichtbrechung, die Brennweite und Vergrösserung der Linsen, der Bau des Auges und die scheinbare Grösse der Gegenstände (Alhazen 1038), sodann die Wage, die Bestimmung des spezifischen Gewichts und sogar Hypothesen über den Auftrieb in Luft (Alkazini 1121). Jedenfalls kannten sie auch schon seit längerer Zeit die Eigenschaften des Magneteisensteins, sowie den Kompass, von welchem die Chinesen schon 121 n. Chr. zur Orientierung bei Landreisen Gebrauch machten, indem ein kleines auf einer Spitze sich bewegendes Männchen, in dessen ausgestrecktem Arm ein Magnetstab verborgen war, die Richtung nach Norden andeutete. Einen sicheren Bericht über die magnetischen Kenntnisse der Araber besitzen wir erst aus dem Jahre 1242.

V. Die Scholastik.

Die Eroberung Spaniens durch die Araber und der freundschaftliche Verkehr zwischen Karl dem Grossen und dem Khalifen Harun Arraschid hatte die gute Folge, dass nach und nach manches von der arabischen Wissenschaft in das christliche Abendland einsickerte,[42] ganz besonders deshalb, weil Karl der Grosse in klarer Erkenntnis der Bedeutung der Wissenschaft den Klostern die Auflage machte,[43] Schulen einzurichten, Bücher zu schreiben und Sammlungen anzulegen.

Man lernte eine lateinische Übersetzung einer hebräischen Übersetzung des Aristoteles kennen, die selbst wieder aus dem Syrischen ins Arabische übersetzt und dabei mannigfach verunstaltet worden war. Man staunte diese hohe Wissenschaft an, ohne sie recht begreifen zu können und schliesslich bildete sich eine eigenartige theologische Wissenschaft die Scholastik,[44]

42) Lange Zeit waren die arabischen Hochschulen die einzige Quelle der höheren Bildung. Selbst noch im 10. Jahrhundert mussten die Wissbegierigen nach Spanien reisen, um dort von Arabern zu lernen. Wie sehr die wenigen physikalischen Kenntnisse, die von dort herkamen, der damaligen Welt imponierten, kommt z. B. dadurch zum Ausdruck, dass Albertus Magnus (1193—1280), Bischof zu Regensburg, infolge seiner physikalischen Kenntnisse als Zauberer und Vertreter der Magie betrachtet wurde. Sein Schüler Thomas von Aquino, welcher einst in das verbotene Geheimkabinet seines Lehrers gelangte, fand dort einen Automaten, der ihn in solchen Schrecken versetzte, dass er ihn mit einem Stocke zerschlug und dadurch den höchsten Zorn des Meisters erregte, der wehklagte, er habe ihm damit die Frucht 30jähriger Mühe zerstört.

43) Die Klöster waren namentlich vom 4. Jahrhundert an, als das römische Weltreich in seinen Todeszuckungen lag, entstanden, in jener Zeit, als das Gefühl aufkam, es lohne sich nicht mehr zu leben, man müsse die Welt fliehen und in steter Todesbereitschaft alles Menschliche von sich abstreifen, um der reinen Anschauung Gottes teilhaftig zu werden. Statt im Schweisse des Angesichts zu arbeiten, zog man es vor, auf alle irdischen Güter, selbst auf Weib und Kind, zu verzichten und in träger Beschaulichkeit dahin zu leben, um durch Entsagungen aller Art sich den Nimbus der Heiligkeit zu erwerben. Benedikt von Nursia hatte Anfang des 6. Jahrhunderts das Klosterwesen aus Ägypten nach Europa verpflanzt. In späterer Zeit machten sich die Klöster in mannigfacher Weise verdient, teils durch ihre erzieherische Thätigkeit, teils dadurch, dass sie viele Ödungen urbar machten und manche nützliche, bis dahin unbekannte Gewächse und Fruchtbäume ins Land brachten; ferner auch dadurch, dass sie die wissenschaftlichen Schätze des Altertums, soweit sie ihnen zugänglich und verständlich waren, zu erhalten und durch Abschreiben zu verbreiten suchten. Unter den Klosterschulen ragten besonders hervor diejenigen zu Fulda und St. Gallen.

Im 11. Jahrhundert entwickelten sich allmählig aus den Dom- und Klosterschulen Hochschulen. So waren bereits zu Anfang des 12. Jahrhunderts Salerno die Hochschule der Heilkunde, Bologna die Hochschule des römischen Rechts und Paris die Hochschule der scholastischen Theologie. Zu den ersten Hochschulen gehörten ferner Neapel, Oxford und Cambridge.

44) Der erste Hauptvertreter der Scholastik war Scotus Erigena, welcher 850 an die Pariser Hochschule berufen wurde. Als grösster Kenner der aristotelischen Philosophie galt Thomas von Aquino, welcher von 1248 an in Paris dozierte und Doktor universalis genannt wurde. Ähnlich wie schon Philon Judäos in Alexandrien (20 v. Chr. bis 54 n. Chr.) nahmen die Scholastiker an, dass, weil Gott so gross ist, dass man ihn nicht fassen kann, Vermittler zwischen ihm und den Menschen in Form von Engeln und Teufeln vorhanden sein müssen. In dem Hauptwerk »Summa Theologiae« des Thomas von Aquino beschäftigt sich eine ganze Anzahl Kapitel mit der Nahrung, der Verdauung und dem Schlaf der Engel.

welche auf Grund der heiligen Schrift und der fast gleich verehrten Logik des Aristoteles die merkwürdigsten Probleme zu lösen versuchte von der Art, wieviel Engel auf einer Nadelspitze tanzen können und wie die Nachkommenschaft des Teufels und einer Hexe beschaffen sein möchte. Durch Vereinigung von Domschulen und bischöflichen Schulen erstand eine christliche Hochschule, die Universität Paris, der Hauptsitz der Scholastik, welche sich zeitweise einer Frequenz von 20 000 Studierenden erfreute.[45])

Man spricht zuweilen von der geistigen Nacht, die das Christentum über das Abendland gebracht habe mit besonderer Bezugnahme auf die Scholastik; aber es ist wohl zu bedenken, dass die Ausbreitung des Christentums zusammenfiel mit der Völkerwanderung[46]), dass es Völkern von niederer Kultur eine höhere brachte und zwar eine solche, die sich nicht wie die des klassischen Altertums auf Sklaverei stützte und dass es allgemein in hohem Masse die Menschheit sittlich gebessert hat.

Tapferkeit, Besonnenheit und Gerechtigkeit waren nach Aristoteles die Haupttugenden des Mannes. Die Entstehung der geistlichen

45) Die Verfassungen der ersten Universitäten waren noch wesentlich verschieden von denjenigen der heutigen Hochschulen. Insbesondere gewährten jene weit mehr Freiheiten, was damit zusammenhängt, dass damals die ganze Staatsverwaltung weit primitiver war als in heutiger Zeit. So ist namentlich zu berücksichtigen, dass damals noch verhältnismässig wenig Städte bestanden. Erst nach und nach entwickelten sich diese, teils aus den am Rhein und an der Donau angelegten Lagern und Kastellen der Römer, teils aus den rings um die Burgen der Ritter entstandenen Niederlassungen, besonders seit Heinrich I. (916), den man geradezu als Städtegründer und Begründer des deutschen Staatswesen bezeichnet. Der Zentralgewalt war es in jener Zeit nicht mehr möglich, alles selbst zu leiten oder auch nur zu übersehen, darum waren alle diejenigen, welche gleiche Lebensbedingungen und Lebensinteressen hatten, genötigt, für sich selber zu sorgen und sich gegen Andere mit entgegenstehenden Interessen zu schützen. So entstanden die verschiedenartigsten und sonderbarsten Korporationen und Zünfte; es gab sogar eine Zunft der Bettler und eine Zunft der Aussätzigen. Das gegenseitige Verhältnis war ein Kampf aller gegen alle. So bildeten sich auch Korporationen der Studierenden oder Nationen, welche die ihnen verliehenen Privilegien oft unter den heftigsten Kämpfen, sogar gegen Behörden und Fürsten zu wahren suchten.

46) Eine wesentliche Stütze jeden Staatswesens ist das natürliche Interesse, welches der Mittelstand an der Erhaltung des ihn schützenden Staates hat. In Rom war dieses infolge der Bereicherung der Beamten in den Provinzen und die dadurch erzeugte Vergrösserung der Grossgrundbesitze, Latifundien, welche den eigentlichen Mittelstand zu Grunde richteten, bedeutungslos geworden. Im Jahre 133 v. Chr. war zwar der Versuch der Neubildung eines tüchtigen Bauernstandes gemacht worden und bei der lang dauernden Waffenruhe unter Antoninus Pius (138—161 n. Chr.) stieg die Wohlhabenheit im ganzen Reich, indes schon Caracalla musste im Jahre 221 n. Chr. aus finanziellen Gründen (die man bei Betrachtung der kolossalen Ruinen der Thermen des Caracalla in Rom leicht begreift), das römische Bürgerrecht in gleicher Weise allen freien Bewohnern des Römerreichs erteilen (Gleichstellung der Plebejer und Patrizier war 290 v. Chr. erfolgt) und unter Gallienus (260—268) begann sich das Reich infolge der Empörung von Statthaltern aufzulösen. Die Einführung des Christentums als Staatsreligion unter Konstantin dem Grossen (324—337), die Zunahme der Kultur der Germanen infolge des Verkehrs mit den Römern, der Anfang der Völkerwanderung (375) und schliesslich die Teilung des Reiches (395), führten langsam zur vollständigen Auflösung. Im Jahre 455 wurde Rom durch Gaiserich verwüstet und 476 übernahm der germanische Heerführer Odoaker die Herrschaft über Italien. Die fremden Söldner im Heere waren Rom's Verderben.

Ritterorden fügte neue hinzu: Frömmigkeit, Hochhaltung der Ehre und Minnedienst. Die Hochschulen besonders befleissigten sich der neuen Sitten und noch heute geben die ritterlichen Abzeichen und Gebräuche der Studentenschaft kund, dass die alten Ideale erhalten geblieben sind.

Wie gross der fromme Sinn der damaligen Zeit war, beweisen die herrlichen Münsterbauten[47] in Freiburg, Strassburg und Köln; nicht minder auch die zahlreichen Kreuzzüge,[48] die unternommen wurden in der edeln Absicht, das in die Hände der Türken gefallene heilige Land wieder zu erobern.

Wer einmal die Städte Genua, Pisa, Florenz oder namentlich Venedig[49] und bei uns Augsburg und Nürnberg besuchte und die Reste einer glänzenden Vergangenheit bewundert hat, die Denkmale der grossen Bedeutung der Kreuzzüge für Wiederbelebung des Handels, wird einen tiefen Eindruck erhalten haben von dem gewaltigen Einfluss des Rittertums auf die weitere Entwicklung der Kultur. Dass der Bedarf an Waffen und Rüstzeug die Eisenindustrie aufs neue belebte,[50] sei nur nebenbei bemerkt. Freilich fehlten auch nicht die Schattenseiten. Der Zerfall der antiken Kultur hatte ein geordnetes einheitliches Staatswesen unmöglich gemacht. Raubritter und Seeräuber bedrohten alle Handelswege und in der schrecklichen kaiserlosen Zeit des Interregnums[51] konnte der Handelsverkehr nur durch Zusammenschluss der wichtigsten handeltreibenden Städte zum Hansabund leidlich aufrecht erhalten werden.[52]

VI. Das Schiesspulver.

Die Physik war es, welche Hilfe brachte. Im Jahre 1313 machte der Franziskanermönch Berthold Schwarz in Freiburg i. B. bei Bereitung von Pulver, das als Feuerwerkssatz bereits bekannt und wahrscheinlich aus

47) Köln 1248, Strassburg 1273, Freiburg 1287, Ulm 1377—1494.

48) Erster 1096—1099; zweiter 1147—1149; dritter 1189—1192; vierter 1228—1229; fünfter 1248—1251; letzter 1270.

49) Die aus Kleinasien gebrachten Waren mussten nach Venedig geführt und hier verzollt werden; dann erst durften sie den anderen europäischen Ländern zugeschickt werden. Ende des 14. Jahrhunderts besass die venetianische Republik eine Flotte von 3000 Handelsschiffen, darunter einzelne bis zu 700 Tonnen Gehalt und eine Kriegsflotte, welche 30000 Mann zu transportieren vermochte, darunter einzelne Schiffe, welche bis zu 1000 Mann aufnehmen konnten.

50) Seit etwa 700 n. Chr. hatten sich die Eisenwerke zuerst wieder erhoben, und zwar zunächst in Steiermark. Von da verbreitete sich die Eisenindustrie im Laufe des 19. Jahrhunderts über Böhmen nach Sachsen, Thüringen und dem Harz, sowie auch dem Elsass und Niederrhein und südlich nach Spanien. Um jene Zeit finden auch zuerst durch Wasserkraft getriebene Hammerwerke Erwähnung.

51) In den Jahren 1256—1273.

52) Zeit der Gründung 1255—1262.

China importiert war,[53]) die physikalische Beobachtung, dass die Kraft der Pulvergase vergleichbar ist der Kraft der elastischen Sehnen der damals gebräuchlichen Kriegsmaschinen, vielleicht sogar grösser.[54])

Man baute alsbald Geschütze, zunächst aus Leinwand oder Leder, durch umwickeltes Hanfseil oder eiserne Reifen verstärkt, dann aus hölzernen oder eisernen Dauben[55]) nach Art der Fässer, bis zu riesiger Grösse. Eine im Wiener Zeughaus aufbewahrte Kanone dieser Art hat eine lichte Weite von 1 Meter und eine Länge von $2^1/_2$ Meter.[56]) Besonders dauerhaft waren solche Geschütze natürlich nicht und bekannt ist, dass das Platzen eines ähnlichen Mörsers, mit welchem die Türken bei der Belagerung von Konstantinopel Bresche legen wollten, in den eigenen Reihen grosse Verheerung verursachte.

Die Erfahrungen im Guss grosser Kirchenglocken führten aber bald zur Herstellung brauchbarer Mörser und Kanonen aus Bronce[57]) zu deren

53) Vielleicht benutzten die Chinesen das Pulver zur Brandlegung in ähnlicher Weise wie das griechische Feuer, welches während der Belagerung Konstantinopels durch die Araber 668 - 675 mit gutem Erfolg Anwendung fand. Zuerst wird das Schiesspulver von Marcus Graecus im 8. Jahrhundert erwähnt. Die Araber hatten angeblich schon 690 Feuerwaffen, welche aus Indien gebracht worden sein sollen; vermutlich aber nur armbrustartige Waffen waren, mittels welcher Raketenpfeile geschleudert wurden. Sicher ist, dass derartige Geschosse mit Pulverladung wirklich im 14. Jahrhundert (in Bologna) gebraucht wurden. Auch Roger Bacon (geb. 1214) kannte das Pulver, es fand damals in Bergwerken Anwendung zum Sprengen. Im Jahre 1360 brannte in Lübeck das Rathaus ab infolge der Unvorsichtigkeit der Pulvermacher. Die Körnung des Pulvers wurde erst 1429 bekannt.

54) Bei der Belagerung von Syrakus 212 v. Chr. durch die Römer verwandten die Verteidiger von Archimedes konstruierte Wurfmaschinen, welche Steinblöcke bis zu 12 Zentner Gewicht auf grosse Entfernung schleuderten. Die bei den Arabern und im Mittelalter gebräuchlichen Kriegsmaschinen (die Mange und Bleide) vermochten Steine und Felsblöcke bis zu 30 Zentner Gewicht zu schleudern.

55) Die passende Form wurde den Eisenstäben auf der Ziehbank, mittels eines entsprechenden Zieheisens gegeben. (Das Drathziehen war 1308 erfunden worden.)

56) Dieses Geschütz war in der ersten Hälfte des 14. Jahrhunderts zu Steyr in Österreich geschmiedet, später von den Türken erbeutet, aber diesen von den Österreichern im Jahre 1529 wieder abgenommen worden.

57) Schon im Altertum wurden grosse Gusstücke (speziell Statuen) aus Erz hergestellt, wie z. B. der Koloss von Rhodus, welcher 35 Meter hoch gewesen sein soll; doch bestanden solche jedenfalls aus zahlreichen Stücken, wie z. B. daraus erkennbar ist, dass Kommodus der Kolossalstatue, die Nero von sich selbst hatte herstellen und vor seinem Palast hatte aufstellen lassen, den Kopf abnehmen und seinen eigenen dafür aufsetzen liess. Den Anstoss zum Guss grösserer Massen in einem Stück gab zunächst das Bedürfnis nach grossen Glocken, welche man früher geschmiedet hatte. In Nola soll man solche bereits im 5. Jahrhundert gegossen haben, jedenfalls existierten sie schon im 7. Jahrhundert. Die ersten Mörser sollen in Florenz 1326 gegossen worden sein. Im Jahre 1378 war bereits eine Geschützgiesserei in Augsburg vorhanden. Ähnlich den Glocken wurden die Mörser anfänglich hohl gegossen. Das Ausbohren erfolgte mittels eines vertikal stehenden Bohrers, der durch Tretrad oder Wasserkraft in Umdrehung versetzt wurde und vermutlich grösstenteils aus einem cylindrischen Holzkörper bestand, etwa von der Form unserer heutigen sogenannten Kanonenbohrer, in welchen ein schneidender Zahn aus Stahl eingesetzt war. Erst in späteren Zeiten goss man die Kanonen massiv und bohrte sie auf einer

Handhabung die Ingenieure zunächst merkwürdige Hebezeuge konstruierten, bis endlich auch die Drehzapfen und Lafetten erfunden wurden und tragbare Handfeuerwaffen.[58])

Nun boten Panzer und Burgen keinen Schutz mehr. Die Ordnung zu Wasser und zu Lande wurde wieder hergestellt, das Faustrecht abgeschafft und ewiger Landfriede verkündet.[59])

---

horizontalen Bohrmaschine aus. Wie riesige Dimensionen man den Geschützen gab, ist daraus zu erkennen, dass z. B. die tolle Grethe, welche 1452 hergestellt wurde, 33 000 Pfund wog und mit 140 Pfund Pulver geladen wurde. Die ersten Geschütze waren übrigens kaum besser als die alten Kriegsmaschinen, denn die Kugeln mussten, da sie nicht genau rund waren, erheblich kleiner als der Kaliber des Geschützes gewählt werden, so dass der grösste Teil der treibenden Kraft der Pulvergase verloren ging. Aus diesem Grunde musste man übermässige Pulverladungen anwenden, welche starke Erhitzung und somit rasche Zerstörung des Geschützes zur Folge hatten. Auch die Handhabung der ersten Mörser war umständlich, insofern sie nicht mit Drehzapfen, sondern nur mit Henkeln versehen waren. Die Hebevorrichtungen, die hiezu um das Jahr 1430 benützt wurden, findet man abgebildet und beschrieben in Beck, Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaues, Seite 270. Erst Mitte des 15. Jahrhunderts wurden Geschütze mit Zapfen konstruiert. Handgewehre kamen Mitte des 14. Jahrhunderts in Gebrauch. Im Jahre 1390 gebrauchte man noch Steinkugeln. Die ersten Bleikugeln wurden 1365 verwendet. Eiserne Kugeln und Brandkugeln kamen 1400 auf, Sprengkugeln 1436, Leuchtkugeln 1450.

58) Im Jahre 1286 wurde das Armbrustschiessen eingeführt, doch schossen die Armbrustschützen wesentlich langsamer als die Bogenschützen, so dass man sich in Frankreich 1627 entschloss, wieder Bogen einzuführen, obschon bereits seit 1543 Karabiner für Reiter und Mineure in Gebrauch waren. Das Steinschloss wurde 1630 in Frankreich erfunden. Nach dem Fall des Ritterwesens mit seinen Harnischen ging man zu kleinerem Kaliber über, wodurch sich das Gewicht der Waffe wesentlich verminderte. Die Muskete des 30jährigen Krieges hatte noch 18 mm Kaliber und wog 6 kg, die des 7jährigen Krieges wog nur $4^1/_2$ kg.

59) Die nun eintretende Ruhe offenbart sich namentlich durch bessere Entwicklung der Gewerbe.

Ganz besonderen Aufschwung nahm der Bergwerks- und Hüttenbetrieb. Schon um die Mitte des 13. Jahrhunderts hatte man grössere, durch Wasserkraft betriebene Hammerwerke eingerichtet und Mitte des 15. Jahrhunderts wurden durch Wasserkraft getriebene Blasbälge für Schmelzöfen eingeführt.

Im Jahre 1364 wurden bereits Thurmuhren gebaut, welche, da ihnen das Pendel fehlte, natürlich noch sehr unvollkommen funktionierten. 1467 wurden Glockenspiele beigefügt.

Die Schriften von Georg Agricola (1490—1555), Bürgermeister und Stadtphysikus in Chemnitz, sowie von Leonardo da Vinci (1452—1519) lassen erkennen, dass damals bereits eine Menge von Maschinen für den Bergwerksbetrieb und für mechanisch-technologische Zwecke gebraucht wurden. Ausserdem baute man namentlich Automaten, d. h. Spielzeuge.

Diese Maschinen waren noch wie zur Zeit der Römer fast ausschliesslich aus Holz hergestellt, da man grössere Eisenstücke weder herstellen noch bearbeiten konnte.

Erst als durch Erhöhung der Öfen die Temperatur im Schmelzherde stieg, konnte Kieselsäure zu Silicium reduziert und somit graues Roheisen gewonnen werden, d. h. diejenige Eisensorte, der unter allen allein die Eigenschaft zukommt, beim Erstarren sich auszudehnen, die feinsten Vertiefungen der Form scharf auszufüllen und infolge ihrer Weichheit sich leicht verarbeiten zu lassen. (Erste Hochöfen 1600.)

Die Verbesserungen des Maschinenbetriebs gaben wesentliche Anregung zum Nachdenken über physikalische Gesetze. Das Streben nach Erfindung eines Perpetuum mobile führte zur Auffindung der »goldenen Regel der Mechanik«, welche gewissermassen den Anfang der neueren Physik bildet.

VII. Der Kompass.

Wir haben gesehen, dass die Kreuzzüge insbesondere die Venetianer zu grossen Handelsunternehmungen veranlassten.[60]) Im Jahre 1292 kehrte der Venetianer Marco Polo reich beladen mit Schätzen aus Innerasien in seine Heimat zurück. Sein Reisebericht war es nicht zum wenigsten, das die alte Sehnsucht nach den Märchenländern Indien und China neu belebte.

Allein der Landweg war zu schwierig und ein Seeweg schien nicht zu existieren.

Die Flucht der griechischen Gelehrten bei der Eroberung Konstantinopels durch die Türken (1453), ihre gastliche Aufnahme an dem Hofe der Mediceer in Florenz[61]) und die hierdurch bedingte weitere Verbreitung der Originalwerke des Aristoteles und anderer führte aber schliesslich doch zu bestimmten Projekten. Aristoteles hatte aus dem kreisförmigen Schatten der Erde auf dem Monde geschlossen, die Erde sei eine Kugel, Eratosthenes[62]) und al Mamun, Harun Arraschids Sohn hatten sogar ihren Umfang festgestellt. War das richtig und stand der Ozean im Zusammenhang mit dem indischen und chinesischen Meer, so musste man jene reichen Länder sowohl durch östliche wie durch westliche Seefahrt erreichen können.

Aber wie sollte man sich auf hoher See orientieren?

Wieder war es die Physik, die Abhilfe brachte und zwar durch Verwertung der magnetischen Erscheinungen. Wohl war die Magnetnadel den Arabern bereits seit längerer Zeit bekannt, aber was der Seefahrer brauchte, war eine im Raume feststehende Windrose, auf welcher ein mit dem Schiff verbundener Zeiger den Kurs des Schiffes anzeigte. Man sagt, es sei der Italiener Gioja aus Amalfi gewesen, welcher zuerst nach diesem Prinzip einen brauchbaren Kompass herstellte.[63])

Die Hebung des Wohlstands zeigt sich darin, dass z. B. in Augsburg schon viele Handelshäuser II. Ranges existierten, mit einem Vermögen von etwa 1 Million Mark, welches dem Vermögen der reichsten englischen Kaufleute gleich kam. Das Vermögen der berühmten Fugger in Augsburg betrug (namentlich infolge der Betriebe ihrer reichen Silberminen in Spanien) 1505 mindestens 15 Millionen. So gross waren die Kapitalien der deutschen Kaufleute, dass sie nicht nur dem Kaiser, sondern auch den meisten andern europäischen Herrschern, darunter der Königin von England, Jahrzehnte lang die für ihre Kriegsunternehmungen nötigen Gelder vorstrecken konnten.

60) Bereits der Vater und der Oheim Marco Polos hatten Beziehungen mit dem Tartarenchan Kublai angeknüpft, welcher an dem jungen Marco Polo soviel Gefallen fand, dass er ihm eine Ehrenstellung übertrug und ihn mit weiten Reisen in seinem ausgedehnten Reiche in Innerasien beauftragte.

61) Dieses wissenschaftliche Leben in Florenz erreichte unter Lorenzo I. de Medici, il magnifico (1449—1492) seine Blüte.

62) Eratosthenes (275—194 v. Chr.) war Bibliothekar der grossen Bibliothek in Alexandrien.

63) Siehe auch Prometheus 1892 S. 773, ferner 1893, 69, 82, 277, 291 und 1900, 119 und 159.

Auf der spanischen Halbinsel, wo durch die Thätigkeit der Araber ein reger Wissenstrieb geweckt worden war, entstand auf Veranlassung des Königs Johann in Lissabon eine Kommission zur Förderung der nautischen Wissenschaften, deren thätigstes Mitglied der Nürnberger Böheim die Bestimmung der geographischen Breite mittels Jakobstab und Ephemeriden lehrte, während man bisher nur das schon zu Aristoteles Zeiten geübte, für den Seefahrer unbrauchbare Verfahren der Beobachtung der Sonnenhöhe mittels des Scaphiums (Gnomons) oder der Höhe des Polarsterns kannte.[64])

Gelang es nun auch noch nicht ein Mittel zur Bestimmung der geographischen Länge zu finden, so unternahmen doch, angeregt durch die Thätigkeit jener Kommission, kühne Männer das grosse Wagnis, den Ozean zu durchqueren und allbekannt sind die Entdeckungsreisen eines Diaz und Vasco de Gama[65]), eines Columbus[66]) und Cabotto.[67])

Das erstrebte Ziel wurde nicht erreicht, die westliche Durchfahrt nach Indien und China nicht gefunden, aber man fand, was man eigentlich suchte, Gold und Silber,[68]) Gewürze, Farbhölzer, Arzneimittel und Wohlgerüche.

64) Zur Bestimmung der geographischen Breite dienten früher das Astrolabium und das Triquetrum (parallaktisches Lineal). Das Scaphium war eine halbkugelförmige Schale, in deren Mitte sich ein Gnomon bis zum Kugelmittelpunkt erhob. Der Gnomon war bereits den alten Ägyptern und Assyrern bekannt, wie denn ihre Kenntnis der Bewegung der Gestirne eine ziemlich ausgebildete war und auch in der Gestaltung ihrer Bauwerke zum Ausdruck kam. (Siehe z. B. über den babylonischen Turm: Prometheus 1900, 522). Pythias machte im Jahre 325 v. Chr. eine Studienreise nach Norden zum Zwecke der Bestimmung der geographischen Breite. Ptolemäus von Alexandria (150 v. Chr.) berechnete bereits Planetentafeln, welche im Jahre 1252 von Alfonso X. in Spanien wesentlich verbessert und nach ihm alphonsinische Tafeln genannt wurden. Peurbach gab zuerst für die Jahre 1450—61 Ephemeriden heraus, in welchen die Stellung der Sonne, des Mondes und der Planeten am Himmel für jeden Tag vorausbestimmt waren, so dass sie den Seefahrern zur bequemen Zeitbestimmung dienen konnten.

65) 1487 wurde das Kap der guten Hoffnung von Dias umfahren; 1498 gelang Vasco de Gama die Auffindung des Seeweges nach Ostindien.

66) In der Versammlung von Salamanca, welche die Idee des Genuesen Columbus prüfen sollte, hielt man ihm entgegen, wenn es auch gelingen sollte zu den Gegenfüsslern hinunter zu fahren, so würde es doch unmöglich sein, wieder nach Spanien hinauf zu gelangen.

67) Schon 1490 war der Genuese Cabotto (1425—1498) bestrebt, China durch eine Fahrt nach Westen zu erreichen und entdeckte 1491 von England aus das Festland Nordamerikas, nachdem er zuerst vergeblich in Venedig die Mittel zu einer solchen Unternehmung zu erlangen gesucht hatte. König Heinrich VII. von England verlieh ihm im Jahre 1496 das Handelsmonopol in den neu zu entdeckenden Ländern. 1497 gelangte er mit 4 Schiffen nach Labrador, 1498 nach Neufundland. Indes war die Förderung, die er von England erhielt, nur geringfügig. Zeitweise war er auch in Spanien. (Schon vor Cabotto soll übrigens der Normanne Erik, der Rote, das »Weinland des Westens« erreicht haben.)

68) Infolge der Entdeckung Amerikas (insbesondere von Mexiko und Peru) verzehnfachte sich die Silberproduktion, welche bis dahin hauptsächlich in Österreich betrieben worden war. Durch die spätere Entdeckung von Silbererzen in den vereinigten Staaten (insbesondere in Nevada) wurde alles bisherige weit übertroffen. Im Mittelalter wurde Gold wesentlich nur in Böhmen und Kärnthen

Mächtig hob sich der Wohlstand von Spanien und Portugal und auch England, welches Cabottos Reisen gefördert hatte, zog Nutzen aus der Entdeckung Amerikas.

VIII. Die Hexenprozesse.

Kehren wir nochmals zu den Kreuzzügen zurück. Eine schlimme Folge war, dass die mohammedanische Lehre von der Existenz guter und böser Geister auch in das Abendland übertragen wurde und einen merkwürdigen Teufel- und Hexenglauben erzeugte.[69])

Schon von dem Papste Sylvester II., dem ehemaligen Lehrer Ottos III., welcher die Kenntnis von Mathematik und Physik bei den Arabern in Spanien erworben hatte, und zu deren Verbreitung wesentlich beitrug, behaupteten die Mönche, er habe seine Seele dem Satan verschrieben, er lasse sich von einem arabischen Teufel begleiten und könne an zwei Orten zugleich sein.

Nicht besser erging es dem Regensburger Bischof Albertus Magnus, der besonders die Physik des Aristoteles und der Araber pflegte und dessen Kenntnisse so unerhört schienen, dass man ihn als Zauberer betrachtete.

Die Kirchenversammlung in Paris 1209 verbot den Mönchen das Lesen physikalischer Schriften als sündhaft und nach Verdrängung der Araber aus Spanien wurde die grosse Bibliothek der Hochschule in Cordoba mit ihren hunderttausenden von Bänden auf Befehl des Kardinals Ximenes den Flammen übergeben.

---

gewonnen. Ein mächtiger Aufschwung der Goldproduktion trat ein nach dem Bau von Goldminen in Mexiko, Brasilen, Peru, Chile, Kolumbien und Venezuela. 1848 kam dann Kalifornien hinzu, 1852 Australien, sodann Sibirien, Transvaal, Alaschka u. s. w.

Von wesentlicher Bedeutung auf wirtschaftlichem Gebiete wurde die Einführung der Kartoffel aus Amerika (1585), welche eine völlige Umwälzung der Landwirtschaft herbeiführte. Ferner ist bemerkenswert die Einführung des chinesischen Thees nach Holland (1610).

Die Vermehrung des Wohlstandes zeigt sich auch in der raschen Folge der gewerblichen Erfindungen, welche selbst wieder zur Hebung des Wohlstandes ausserordentlich beitrugen. Hervorzuheben sind namentlich: die Einrichtung von Personen- und Briefposten 1516 und 1521. (Im Mittelalter waren es namentlich die Klöster und später die Universitäten, welche eine Art Postdienst einrichteten, allerdings zunächst nur für ihren eigenen Bedarf), die Erfindung des Strickens 1514, des Spinnrads 1530, der Sägemühle 1530, des Messings 1533 (Ebner in Nürnberg), der Taucherglocken 1538, der Graphitbleistifte 1550, der Strumpfwirkerei 1564, des Bandstuhls 1579, der Papiermaschine 1588, des Weissblechs 1591, der Amalgamspiegel 1591, der Kastenlederbälge für Orgeln 1600, der Ketten- und Seilbrücken 1617 etc.

69) Schon der Scholastiker Thomas von Aquino giebt zu, dass Dämonen existieren, welche zum Beispiel durch Erregen von Wind oder Regen den Menschen Schaden zufügen können.

Die Vorstellung der Möglichkeit von Teufelsbündnissen drang immer tiefer ein und da man keine Beweise dafür finden konnte, schritt man zur Inquisition, zur Folter und zum Hexenprozess.[70])

Einigermassen begreiflich wird diese allgemeine Gespensterfurcht durch den unglaublich niedrigen Grad der Bildung jener Zeit. Selbst ein so grosser Dichter wie Wolfram von Eschenbach konnte weder lesen noch schreiben und der Minnesänger Ulrich von Lichtenstein musste einen Brief seiner Geliebten 10 Tage lang ungelesen lassen, weil er niemanden fand, der ihn entziffern konnte. Noch 1492 waren die wenigsten Stadtgerichtsräte von Stuttgart imstande zu lesen oder zu schreiben.

[70]) Im Jahre 1232 wurde die Inquisition den Dominikanern übertragen. Seit 1252 durften Geständnisse durch die Folter erzwungen werden. Der erste Hexenprozess fand 1264 in Languedoc statt, noch im Todesjahr des Thomas von Aquino. Nunmehr folgten sich die Prozesse mit erschreckender Schnelligkeit. Durch die Bulle »Summis desidefantes« des Papstes Innozenz VIII. vom 5. Dez. 1484, auf Grund deren die beiden Dominikaner Jakob Sprenger und Heinrich Institor die Vollmacht erhielten, die Hexen zu verfolgen und auszurotten, wurde der Hexenglaube feierlich sanktioniert. Anfänglich wollten die Hexenprozesse nicht recht in Fluss kommen, weil man an die in der Bulle beschriebenen Teufelsbündnisse und sonstigen schauerlichen Thaten der Hexen nicht glauben wollte; erst Sprengers Buch »Der Hexenhammer« (1487) brachte in dieser Hinsicht Wandel. Nur wenige Angeklagte entgingen dem Tode, da, wenn eine angeklagte Hexe trotz aller angewandter Foltermittel sich nicht als schuldig bekannte, damit erst recht der Beweis der Schuld geliefert war, da sie sich doch nur mit Hilfe des Teufels so masslos verstockt zeigen konnte. Der letzte Hexenprozess fand 1783 in Glarus statt.

Selbst die Mutter des bekannten Astronomen und Physikers Keppler wurde als Hexe angeklagt infolge der Aussage einer ihrer Nachbarinnen, welche von einem Leiden befallen worden war und behauptete, sie sei von ihr behext worden. Es kam hinzu, dass die Angeklagte bei einer Tante erzogen worden war, die man später als Hexe verbrannt hatte. Nur unter grössten Schwierigkeiten gelang es Keppler, sie vor dem Scheiterhaufen zu bewahren. Selbst seine Brüder und juristischen Freunde hatten nicht den Mut für die arme Frau einzutreten, welche übrigens bald nach der Freisprechung infolge der erlittenen grausamen Behandlung starb.

Der Jesuitenpater Scheiner, ein heftiger Gegner Galileis, wurde auf einer Reise nach Tirol vom Fieber befallen und starb in einem Dorfe daselbst (1650). Bei Untersuchung seiner Effekten fand man ein sogenanntes Flohmikroskop, welches dem Schulzen und den anderen Anwesenden so grossen Schrecken einjagte, dass man dem Verstorbenen das Begräbnis verweigern wollte, weil man den durch das Glas sichtbaren stark vergrösserten Floh für den Teufel hielt.

Der Gelehrte Montanus erklärte das Fernrohr für eine Erfindung des Teufels, weil in der Bibel steht: Wiederum führte ihn der Teufel auf einen sehr hohen Berg und zeigte ihm alle Reiche der Welt und ihre Herrlichkeit«.

Siehe ferner Petersen, Aberglaube und Zauberei, Stuttgart 1898 und Roskoff, Geschichte des Teufels, Leipzig 1869.

Wesentlich zur raschen Verbreitung des Aberglaubens mag »Der schwarze Tod« oder die Pest beigetragen haben, welche in Europa aus China eingeschleppt wurde, zumal da schon 1333 durch Heuschreckenschwärme und Misswachs grosse Not entstanden war. 1347 wütete die Pest in Sicilien, 1348 in Deutschland, 1351 in Russland. Sie soll 25 Millionen Menschen das Leben gekostet haben. Man kam zu der Meinung, dass die Luft mit unzähligen unsichtbaren Dämonen erfüllt sei, welche Krankheiten erregen könnten, eine Ansicht, die durch die moderne Bakteriologie, freilich in ganz anderem Sinne, nachträglich bestätigt wurde. Auch die Flagellanten und ähnliche merkwürdige Büsservereinigungen wurden durch die Pest ins Leben gerufen.

Das Schreibmaterial war sehr theuer und nicht ohne Grund hatte der Rektor der Pariser Universität dort das Alleinrecht mit Papier zu handeln. Erst Anfang des 13. Jahrhunderts entstanden Papiermühlen in Nürnberg und Augsburg, aber wer ein Buch zu haben wünschte, musste es sich selbst abschreiben oder abschreiben lassen[71]) und wertvolle Bücher in Kirchen und Klöstern wurden an eiserne Ketten gelegt.

Die Erfindung des Buchdrucks[72]) und besonders die Verbesserung desselben durch Benutzung gegossener Lettern führte zu einer rascheren Ausbreitung der Bildung, ohne aber zunächst die Existenz des Aberglaubens zu beeinträchtigen.

Gerade damals, vielmehr erhielt dieser durch Pabst Innocenz VIII. seine feierliche Sanktion und überall loderten die Scheiterhaufen.[73]) Neun Millionen unschuldiger Menschen wurden aufs grausamste gefoltert und zum Flammentode verurteilt! Von medizinischer Seite hat man geradezu von einer epidemischen Ausbreitung des Wahnsinns gesprochen.

IX. Die neue Physik.

Zum Glücke fand sich ein Heilmittel für diese schreckliche Krankheit, wenn es auch nicht sofort seine Wirkung äusserte. Dieses Heilmittel war die Physik!

Die um jene Zeit geschriebene »Magia naturalis« des Agrippa bildet den Übergang von der älteren, noch vom Dämonenglauben durchdrungenen magischen Physik zur neueren, als deren Vater Galilei bezeichnet wird.[74]) Die

---

71) Kosimo von Medici, der Stifter der mediceischen Bibliothek beschäftigte 1389 für seine Person 45 Schreiber. Bocaccio (1313—1375) der erste Begründer des Humanismus musste sich, wie sehr viele andere, seine Bibliothek selbst abschreiben. Da das Papier bezw. Pergament sehr kostspielig war, wurden von den Mönchen viele alte Handschriften durch Wegwaschen der Schrift zerstört, um das Papier anderweitig verwerten zu können. Gewöhnliche Schreibtinte (Gallustinte) war erst seit dem 3. oder 4. Jahrhundert in Gebrauch. Die gesteigerte Schreibthätigkeit erzeugte auch schon damals Kurzsichtigkeit. Die Erfindung der Brillen durch Salvio degli Armati in Florenz (1285) kam deshalb sehr willkommen.

72) Das Drucken mit beweglichen Lettern kannte man in China schon im Jahre 1041. Die Erfindung des Buchdrucks durch Gutenberg fällt in das Jahr 1455. Die Herstellung gegossener, statt aus Holz geschnitzter Buchstaben, in das Jahr 1459. Schon 1470—1500 wurden mehr als 10 000 Ausgaben von Büchern und Pamphleten, meist in Venedig, gedruckt.

73) Der Gross-Inquisitor Ximenes verbrannte allein 2500 Menschen.

74) Ein Vorläufer Galileis ist Leonardo da Vinci (1452—1519). Er war ungemein vielseitig, besonders berühmt als Maler, Architekt und Bildhauer, zeichnete sich indes auch aus als Dichter, Sänger, Musiker, Physiker, Mathematiker und Ingenieur. Er bekämpfte bereits energisch die damals auf Grund der Schöpfungsgeschichte der Bibel allgemein angenommene Ansicht, dass die Versteinerungen nur Naturspiele seien.

Erste Erdumsegelung von Magelhaens 1519—1522.

grossen Seereisen und die dadurch herbeigeführte Aufklärung über die Gestalt der Erde und den Lauf der Gestirne hatten zu der epochemachenden Theorie des Kopernikus [75] geführt, deren lebhaftester, begeisterter Verteidiger Galilei [76] wurde. Dessen Verurteilung zu lebenslänglichem Kerker wegen

75) Vorläufer des Kopernikus im Altertum waren Herakleites Ponticos, ein Schüler Platos, und Aristarch von Samos.

Kopernikus, welcher in Italien studiert hatte und später als Domherr in Frauenburg wirkte, gelangte, zum teil aufgrund dieser Vorarbeiten, langsam vorschreitend, mit grösster Vorsicht tastend und prüfend 1543 zu der klaren Erkenntnis des wahren Laufs der Gestirne, der Axendrehung der Erde und ihrer Bewegung um die Sonne, sowie des Umlaufs aller Planeten um diese, was freilich mit den biblischen Erzählungen durchaus nicht harmonierte. Gemäss der Physik des Aristoteles nahm er an, dass nur die Kreisbewegung eine natürliche und deshalb andauernde Bewegung sein könne, während jede andere, weil gezwungen, nach und nach zur Ruhe kommen müsse. Er verfiel so in den Irrtum, dass alle Planetenbahnen Kreise sein müssten, was nicht mit den Beobachtungen vereinbar war und seiner Theorie bedeutende Gegner schaffte; z. B. Tycho de Brahe.

Martin Luther sagt von Kopernikus: »Der Narr will die ganze Kunst Astronomia umkehren, aber die hl. Schrift sagt uns, dass Josua die Sonne still stehen hiess und nicht die Erde«.

Melanchthon hielt die neue Theorie für so gottlos, dass er der Obrigkeit empfahl sie zu unterdrücken.

Erst Galileis Fall-Versuche, welche die Aristotelische Bewegungslehre als unrichtig erwiesen und die ungemein mühsamen und sorgfältigen Beobachtungen Kepplers führten zur Erkenntnis, dass die Planetenbahnen Ellipsen sind und durch Newton (1666) wurde schliesslich (durch Entdeckung des Gravitationsgesetzes) die richtige Erklärung dafür gegeben. (Zu beachten ist, dass zur Zeit des Kopernikus die für astronomische Beobachtungen so wichtigen genauen Pendeluhren noch nicht erfunden waren, man gebrauchte damals Quecksilberuhren.)

76) Galilei (1564—1042) studierte 1581 aristotelische Philosophie und Medizin an der Universität Pisa und wurde 1592 Professor an der Universität Padua. In die Jahre 1583—1609 fallen seine Untersuchungen über die Fallgesetze, das Pendel, die Festigkeit der Körper, stehende Wellen und Magnetismus. 1583 machte er die Beobachtungen an der pendelnden Lampe im Dom in Pisa, 1590 die Fallversuche am schiefen Turm.

Nachdem in den Niederlanden, wo die Glas- und Steinschleiferei um jene Zeit in hoher Blüte stand und namentlich Brillengläser verfertigt wurden, Mikroskop und Fernrohr erfunden worden waren und Galilei davon gehört hatte, versuchte er alsbald selbst ein solches Instrument zu verfertigen, indem er an den Enden eines Bleirohrs passende Gläser anbrachte. Er entdeckte mit dem so hergestellten Fernrohr bald nacheinander die Mondberge, die Auflösbarkeit der Milchstrasse, das Mondsystem des Jupiters, die Lichtphasen der Venus, den Ring des Saturn u. dergl. Der grosse Rat von Venedig erhöhte die Besoldung Galileis in Anerkennung der grossen Bedeutung der Erfindung für die Seefahrer auf 1000 Goldgulden und beschränkte seine Verpflichtungen zu Vorlesungen an der Universität Padua auf ein Minimum. Nichtsdestoweniger verliess Galilei Padua, einem noch günstigeren Angebote des Grossherzogs von Toscana folgend (1619). Die Entdeckung der Jupitersmonde war insofern von grosser Bedeutung, als sie ein Kopernikanisches System im kleinen darstellten und somit eine wesentliche Stütze dieser Theorie wurden.

Galileis Arbeiten, welche sich auch auf die Wärme- (Thermometer) und Zeitmessung (Pendeluhr) und vieles andere bezogen, waren grundlegend für die ganze Physik, so dass er mit Recht der »Vater der neueren Physik« genannt wird. Die Verurteilung des neunundsechzigjährigen kränklichen Greises erfolgte am 22. Juni 1633. Die folgende Nacht musste er im Kerker zubringen, wo er in die Folterkammer gebracht und zum Widerruf gezwungen wurde. Ob eine Folterung stattgefunden hat, ist nicht bekannt, da ihm über seine Schicksale bei der Inquisition Stillschweigen auferlegt und seine fernere Thätigkeit bis zum Tode 1642 beständig überwacht wurde. Die Abschwörungsformel lautete nach Rosenberger, Geschichte der Physik, II., S. 88: »Ich schwöre ab, verwünsche und ver-

Widerspruchs dieser Theorie gegen die Bibel und das Verbot seiner Schriften sind allbekannt. Freilich war die Wirkung nicht die erwartete, man begann nachzudenken [77]) und mancher Zweifel wurde rege.

X. Die Reformation.

Es kam hinzu die Kirchenspaltung, der Machtstreit zwischen drei Päpsten [78]), die Lebensführung Alexanders VI. [79]), der Ablassverkauf behufs Gewinnung der Mittel zum beispiellos grossartigen Bau der Peterskirche. [80]) Man wollte nicht mehr glauben, dass die von der Kirche gelehrte Religion die wahre Religion der Liebe und der Armut sei, wie sie Christus gepredigt hatte. Dringend machte sich das Bedürfnis einer gründlichen Reformation der Kirche geltend. [81])

Aber trotz der guten Absichten der Reformatoren führte die innige Verquickung geistlicher und weltlicher Angelegenheiten [82]) zu jenen schreck-

fluche mit aufrichtigem Herzen und nicht erheucheltem Glauben die genannten Irrtümer und Ketzereien, sowie jeden anderen Irrtum und jede der genannten heiligen Kirche feindliche Sekte, auch schwöre ich, fürderhin weder mündlich noch schriftlich etwa zu behaupten, wegen dessen ein ähnlicher Verdacht gegen mich entstehen könnte, sondern wenn ich einen Ketzer oder der Ketzerei Verdächtigen antreffen sollte, werde ich ihn diesem heiligen Offizium oder dem Inquisitor oder dem Bischof des Orts, wo ich mich befinde, anzeigen . . .«. Das Verbot der Galileischen Schriften wurde im Jahre 1832 zurückgezogen. Einer der eifrigsten Gegner Galileis war der Pater Scheiner, bekannt durch optische Untersuchungen; ein mächtiger Gönner Ferdinand I., Grossherzog von Toscana (1587—1609), welcher in mannigfacher Weise die Entwicklung der Physik gefördert hat.

77) Von weiteren physikalischen Entdeckungen aus dieser Zeit sind zu nennen: 1430, De Cusa, Hypothese der Schwere der Luft. 1500, Leonardo Da Vinci, Fallgesetze, Capillarität, camera obscura. 1537, Tartaglia, Wurfbewegung. 1540, Commandino, Schwerpunkt. 1570, Cardanus, Bewegung auf der schiefen Ebene. 1574, Bau der Uhr des Strassburger Münsters. 1580, Normann, magnetische Inklination. 1587, Simon Stevin, Parallelogramm der Kräfte. 1587, Benedetti, gleiche Geschwindigkeit frei fallender Körper, Zentrifugalkraft, Kraftmoment. 1588, Tycho de Brahe, astronomische Refraktion. 1589, Porta, Camera abscura. 1590—1608, Erfindung des Mikroskops und des Fernrohrs. 1600, Gilbert, Magnetismus und Erdmagnetismus. 1604, Keppler, Irradiation, Studium über Farben- und Lichtbrechung, Ebbe und Flut, Totalreflexion, astronomisches Fernrohr. 1614—1618, Navier und Briggs, Logarithmentafeln. 1619, Scheiner, Accommodation, Sonnenflecken. 1620, Snellius, Brechungsgesetz. 1636, Mersenne, Saitenschwingungen, Schallgeschwindigkeit, Spiegelteleskop. 1643, Toricelli, Ausflussgeschwindigkeit, Luftdruck, Barometer. 1643, Gassendi, Anfänge der Atomtheorie.

78) Kirchenspaltung 1378—1415.

79) Papst Alexander VI. 1492—1503.

80) Papst Leo X. liess den ältesten und heiligsten Tempel der Christenheit in Rom niederreissen und an seiner Stelle (zum Teil aus Ablassgeldern) die in verschwenderischem Luxus ausgeführte St. Peterskirche errichten (1506—1667), welche alle antiken Tempelbauten, sowie alle Bauten der Welt überhaupt in Schatten stellen sollte.

81) Luthers Thesen: 1517. Loyolas Jesuitenorden: 1540. Einsetzung des Inquisitionstribunals in Rom: 1542. Theorie des Kopernikus: 1543.

82) Als Keppler, welcher als Begleiter des Kaisers auf dem Reichstag zu Regensburg erschien, die allgemeine Annahme der vom Papst Gregor XIII. 1582 eingeführten Reform des Kalenders befürwortete, lehnten die protestantischen Stände jeden Vermittlungsvorschlag ab, da diese

lichen Kriegen, die 30 Jahre lang Deutschland verheerten, und nicht minder die Niederlande, Frankreich und Spanien schädigten.[83])

XI. England.

Nur England erfreute sich leidlicher Ruhe und zog Nutzen aus der schlimmen Lage der übrigen Staaten. Deutsche Kaufleute hatten dort grosse Handelshäuser errichtet, deutsche Bergleute lehrten die Engländer die Benützung der in Deutschland erfundenen Maschinen, den Ersatz der Holzkohle durch Steinkohle bei der Eisengewinnung und die Herstellung des Gusseisens.[84])

Hatte früher Deutschland als das Land der Maschinen und Erfindungen gegolten, nun machte ihm England nicht nur den Rang streitig, sondern überholte es weitaus.

In dem neu entdeckten Amerika pflanzten die Engländer Zuckerrohr, Tabak und Baumwolle und bald darauf erstarkte Englands Handel und Seemacht so sehr, dass es sich nicht nur mächtig genug fühlte, den Deutschen alle bisherigen Privilegien zu entziehen, sondern auch die durch die religiösen Wirren geschwächte Macht Spaniens und der Niederlande völlig zu brechen.[85])

Die ostindische Handelsgesellschaft brachte Indien in Englands Besitz.

Cromwells[86]) Navigationsakte untersagte allen auswärtigen Schiffen den Handel nach England und englischen Kolonien und schliesslich wurde gar den Kolonien verboten, irgend welche Waren selbst herzustellen.[87])

Frage eine Religionssache sei. Erst 100 Jahre später gelang es den Bemühungen von Leibniz, die Reform auch in den protestantischen Teilen Deutschlands einzuführen und den Verwirrungen in den Zeitangaben ein Ende zu bereiten.

83) 30jähriger Krieg: 1618—1648. Zeitalter der Religions- oder Hugenottenkriege in Frankreich: 1560—1591. Pariser Bluthochzeit: 1572. (25 000 Hugenotten meuchlings hingemordet.) Inquisition in Spanien mit Einwilligung des Papstes Paul IV. gegen wirkliche und angebliche Protestanten: 1478. Gegenreformation unter Philipp II. in Spanien: 1543—1598. Herzog Alba in den Niederlanden: 1567—1573.

84) Bereits 1600 waren die ersten Hochöfen am Rhein errichtet worden, 1612 wurden die Steinkohlen im Eisenhüttenbetrieb eingeführt.

85) Die Seemacht der Spanier war nach dem Untergang ihrer berühmten sogenannten unüberwindlichen Silberflotte (Armada) an den englischen Küsten völlig gebrochen. (1588.)

86) Oliver Cromwell war 1640—1658 Protektor von Grossbritannien. Die Navigationsakte (1651) verbot allen Schiffen, welche Ausländern gehörten, nach britischen Niederlassungen oder Kolonien zu verkehren oder in der Küstenschiffahrt Grossbritanniens sich brauchen zu lassen und Massenartikel nach Grossbritannien einzuführen.

87) Die Hansa zerfiel nach 400jährigem Bestande. In kurzer Zeit kamen die einst so mächtigen Handelsplätze völlig zurück. Die ostindische Handelsgesellschaft wurde in England mit wertvollen Privilegien und politischer Machtbefugnis ausgestattet, wodurch es ihr gelang, den Portugiesen und Holländern den Rang abzulaufen und Indien für England zu gewinnen. (1757—1784.)

XII. Franklin.

Solche rücksichtslose Politik führte wohl zu grossartiger Bereicherung Englands, aber in Amerika erstand ein Mann, von dem ein treffender Vers sagte: »Er entriss dem Himmel den Blitz und das Scepter den Tyrannen.«

Die verhältnismässig ruhige Entwicklung Englands und die Zunahme seines Wohlstandes blieben nicht ohne Rückwirkung auf die Entwicklung der Wissenschaft daselbst. Man begann die hohe Bedeutung, insbesondere der Physik, für die Politik einzusehen.

In England war es, wo zuerst das stolze Wort gesprochen wurde »Wissen ist Macht« (von Bacon 1620) und der nicht minder bedeutungsvolle Satz: »Die Physik ist die Mutter aller Wissenschaften«. (Von demselben.)

In Deutschland fehlte es um diese Zeit nicht an hervorragenden Physikern — man denke nur an Otto von Guericke, den Erfinder der Luftpumpe und Elektrisiermaschine, und Denis Papin, den Entdecker der Eigenschaften des Wasserdampfs und Erfinder der Dampfmaschine. Indess die Verhältnisse im deutschen Reiche waren zu kläglich, als dass die Wissenschaft hier gut hätte gedeihen können.

Bei der Zerstörung Magdeburgs im Jahre 1631 vermochte Guericke, welcher damals Mitglied des Ratskollegiums war, kaum mehr als das nackte Leben zu retten. Er war dann längere Zeit als Ingenieur bei Leitung von Festungsbauten beschäftigt. Seine Ernennung zum Bürgermeister erfolgte 1646. Die Kosten der Luftpumpenversuche musste er aus eigenen Mitteln bestreiten. Nach Angaben seines Sohnes betrugen dieselben etwa 60 000 Mark.

Papin, seit 1688 Professor in Marburg, sah sich nach langen vergeblichen Bemühungen genötigt, Deutschland zu verlassen (1701) und in England Hilfe zu suchen, wo er schon zuvor als Assistent Boyles thätig gewesen war. Die Folge war, dass Papins Erfindung der Dampfmaschine erst in England für den praktischen Gebrauch reif wurde, worauf weiter unten zurückzukommen sein wird.

Die grösste wissenschaftliche That um diese Zeit war zunächst die Entdeckung des Gravitationsgesetzes durch Newton (1666—86). Damit war mit einem Schlage eine Erklärung für die Bewegung der Himmelskörper gegeben. Man erkannte, dass ein einheitliches Gesetz das ganze Weltall beherrscht und konnte somit hoffen, auch eine Erklärung der übrigen Erscheinungen zu finden. Mit grösstem Eifer wandte man sich nun der Erforschung der Natur zu. »Wissen« nicht »Glauben« wurde die Losung, ein neuer, der Autorität abholder, freiheitlicher Geist wurde das Zeichen der Zeit und fand vor allem Nahrung in den sich rasch folgenden Entdeckungen auf elektrischem Gebiete, zu deren Kenntnis in erster Linie die »elektrischen Briefe« Franklins beitrugen.

Die wichtigsten Entdeckungen um diese Zeit ausser den genannten sind etwa: 1646, Kircher, Laterna magica, fata morgana, Phosphoreszenz, Fluoreszenz, Nachbilder, subjektive Farben. 1648, Marcus Marci, prismatische Farben. 1650, Pascal, Luftdichte, Gleichgewicht der Flüssigkeiten. 1652, Guericke, Elastizität der Luft. 1657, Schott, katoptrische Anamorphosen. 1658, Huygens, Pendeluhr, Schwingungsmittelpunkt, Sekundenpendel, Zentrifugalkraft. 1660, Boyle, Gasdruckgesetz, Farben dünner Häutchen, Kältemischungen. 1661, Papin, Beziehung zwischen Siedepunkt und Druck, Sicherheitsventil, Dampfkochtopf. 1663, Guericke, elektrische Abstossung, Leuchten. 1665, Grimaldi, Beugung des Lichtes, Interferenz. 1665, Hooke, Undulationstheorie, Glasthränen, Mikrometer, Libelle. 1666, Newton, Farbenzerstreuung, Brechungsexponenten. 1666, Mariotte, blinder Fleck, Festigkeit. 1667, Accademia del cimento, Schallgeschwindigkeit, Kompressibilität. 1668, Wallis, Stossgesetze. 1668, Huygens, Bewegungsgrösse. 1668, Mariotte, Stossmaschine. 1671, Richer, Änderung der Schwerkraft mit dem Ort. 1675, Huygens, Erfindung der Unruhe der Taschenuhren. 1676, Römer, Lichtgeschwindigkeit. 1685, Sturm, Differentialthermometer, Hygrometer. 1686, Leibniz, lebendige Kraft. 1687, Newton, Bewegungsgesetze. 1690, Huygens, Doppelbrechung, Polarisation. 1700, Wall, elektrischer Funke und Blitz. 1700, Sauveur, Obertöne, Schwebungen. 1703, Amontons, Lufthermometer, Reibung. 1709, Hawksbee, elektrisches Leuchten. 1714, Fahrenheit, Thermometer mit 2 Fixpunkten. 1723, Hadley, Spiegelteleskop. 1724, Fahrenheit, Thermobarometer, Überkühlung.

Der Buchdrucker, Zeitungsredakteur und spätere Generalpostmeister Benjamin Franklin war es, der wesentlich dazu beitrug, den Bruch herbeizuführen, die Loslösung der amerikanischen Kolonien von England und die Bildung der vereinigten Staaten Nordamerikas.[88])

Wieder haben wir in ihm ein Beispiel eines grossen Politikers, der auch zugleich ein grosser Physiker war.

Wenn sich selbst damals der Hexenglaube noch in hartnäckiger Weise erhalten konnte, so ist der Grund darin zu suchen, dass jene gewaltige Naturerscheinung der Blitz, welche schon seit den ältesten Zeiten Gegenstand des Aberglaubens aller Völker gewesen war, durch die Physik nicht erklärt werden konnte, vielmehr als unmittelbare Kraftäusserung der bösen Geister oder Gottes selber galt.

Franklin führte den Beweis, dass der Blitz nur ein grosser Funke ist, wie der der Elektrisiermaschine, welche der Magdeburger Bürgermeister Otto v. Guericke nicht lange zuvor erfunden hatte, und dass man sich mit Leichtigkeit vor seinen schädlichen Wirkungen schützen könne durch die heute allgemein bekannte Vorrichtung, den Blitzableiter.[89])

Franklins elektrische Briefe erregten gewaltiges Aufsehen. Überall ahmte man seine Versuche nach, richtete physikalische Kabinette ein und verbesserte vorhandene, so auch unser Karlsruher Kabinett.

1728, Bradley, Aberration. 1729, Gray, elektrische Leitung. 1731, Hadley, Spiegelsextant. 1737, Dufay, zwei Arten von Elektrizität. 1740, Daniel Bernoulli, Euler, d'Alembert, theoretische Mechanik, Hydrodynamik. 1742, Robin, Ballistik, Flüssigkeitswiderstand. 1745, Winkler, Verbesserung der Elektrisiermaschine. 1745, Kleist, Leydener Flasche. 1748, Entdeckung des Platins. 1749, Höll, Wassersäulenmaschine (Wassermotor). 1750, Franklin, Blitzableiter, Entstehung gleicher Mengen beider Elektrizitäten. 1751, Einführung des Kautschuks. 1754, Tartini, Kombinationstöne. 1757, Dollond, achromatische Fernrohre. 1760, Bouguer-Lampert, Photometrie. 1760, Aepinus, Wilke, Symmer, elektrische Influenz. 1765, Euler, Mechanik fester Körper. 1771, Entdeckung des Phosphors. 1772, Black, Wilke, latente und spezifische Wärme, Kalorimeter, Ausdehnung der Luft. 1780, Volta, Elektroskop, Elektrophor. 1787, Coulomb, Drehwage, magnetische Sättigung.

Die Pariser Akademie wurde von Ludwig XIV. im Jahre 1666 gegründet. Die Royal Society in London war 1685 ins Leben getreten und veröffentlichte ihre Schriften seit 1665.

Die Berliner Akademie der Wissenschaften erstand auf Anregung von Leibniz im Jahre 1700.

[88]) Benjamin Franklin (1706—1790) anfänglich auch als Seifensieder, Dichter und Buchhalter thätig, wurde 1775 an die Spitze des Sicherheitsausschusses gestellt und hatte in dieser Stellung hervorragenden Anteil an der Unabhängigkeitserklärung vom 4. Juli 1776. Nach Abschluss des Allianzvertrages 1778 wurde er bevollmächtigter Minister der 13 vereinigten Staaten in Frankreich. Er bediente sich namentlich der Presse, um die Ideen der Freiheit und der Menschenrechte zu verbreiten, und die öffentliche Meinung für die vereinigten Staaten zu gewinnen. Seiner diplomatischen Kunst gelang es, den Frieden von 1783 herbeizuführen. Bei seinem Tode ordnete der Kongress eine Nationaltrauer zu Ehren seines grössten Bürgers auf einen Monat an. Gemeinden, Städte und gemeinnützige Anstalten seines Vaterlandes ehrten Franklins Gedächtnis, indem sie seinen Namen annahmen. Der obengenannte Vers wurde ihm von d'Alembert gewidmet.

[89]) Der erste Blitzableiter in England wurde 1762 angebracht.

XIII. Die Revolution.

Aber auch die Woge freiheitlicher Ideen, die Franklin in Amerika erregt hatte, pflanzte sich bis nach Europa fort und erregte besonders in Frankreich, wo ebenfalls eine verfehlte Politik das Volk bedrückte[90] gewaltige Gährung[91], die ihren Abschluss in einer Revolution fand, wie sie die Welt bis dahin nicht gesehen hatte.

Gräuel häuften sich auf Gräuel und selbst die Wissenschaft wollte man beseitigen! Aber die kriegerischen Verwickelungen führten bald zur Einsicht.

Pulver und Kanonen, Strassen und Brücken konnte man nicht herstellen ohne Ingenieure und gerade die Revolutionszeit war es, die das grosse französische Nationalinstitut und die Pariser Polytechnische Schule ins Leben rief,[92] jene Schule, nach deren Muster als erste in Deutschland unsere Karlsruher Polytechnische Schule entstand.[93]

90) Ludwig XIV., Le roi Soleil, regierte 1643—1715 (L'état, c'est moi [der Staat bin ich]; après nous le deluge [nach uns die Sündflut]). Aufhebung des Edikts von Nantes: 1685. Pfälzischer Erbschaftskrieg (Melak): 1688—1697. Verbrennung des physikalischen Instituts mit samt dem ganzen akademischen Gymnasium in Durlach: 1689.

Rousseaus contrat social: 1761. (Verderblichkeit der Bildung, der Mensch ist frei geboren, der Gesamtwille der Gesellschaft ist das höchste Gesetz, Rückkehr zur natürlichen Empfindung und zur reinen Bürgertugend.) Franklin in Frankreich 1778.

91) Zur raschen Ausbreitung trugen namentlich die Kaffeehäuser und Zeitungen bei. In London stellten die Kaffeehäuser, weil sie bequeme öffentliche Zusammenkunftsorte waren, bereits um die Mitte des 17. Jahrhunderts eine politische Macht dar, so dass sie König Karl II. zu schliessen versuchte, allerdings ohne Erfolg. In Paris entstand das erste Kaffeehaus 1689. (Bemerkt sei noch, dass 1688 zuerst Korkpfropfen zum Verschliessen von Flaschen benutzt wurden, ein weiterer Fortschritt für den Betrieb von Wirtschaften.)

Die erste Zeitung erschien in Venedig 1631. Die erste Zeitung in Paris »La gaçette de la France« 1632.

92) Die Gründung der Ecole polytechnique durch Dekret des Nationalkonvents erfolgte 1794. Sie sollte ursprünglich die Strassen- und Brückenschule (Bauingenieurschule), gegr. 1747, die Militärgenieschule, gegr. 1748, die Artillerieschule, gegr. 1756 und die Bergwerksschule, gegr. 1780 in sich vereinigen. 1795 erfolgte die Gründung des »Institut de France«, bestehend aus 5 Akademien.

93) Das Karlsruher Polytechnikum wurde nicht genau der Polytechnischen Schule in Paris nachgebildet, weil diese in erster Linie die Ausbildung militärischer Ingenieure bezweckte. Nebenius, den man als Vater des Polytechnikums bezeichnet, nahm vielmehr die Einrichtung der deutschen Universitäten als Muster. Dies war jedenfalls mit ein Grund, weshalb zur Leitung ein Professor der Physik berufen wurde. Der Zusammenhang wird klar, wenn man auf die Einrichtung der Hochschulen im Altertum zurückgeht. Der Lehrstoff bestand damals aus dem sogenannten Quadrivium: Geometrie, Arithmetik, Astronomie und Musik und dem Trivium: Grammatik, Dialektik und Rhetorik. Im Mittelalter bezeichnete man diese Fächer, in welcher jeder bewandert sein musste, der zu den Gebildeten gerechnet werden wollte, als die »sieben freien Künste«. Aufgabe der Universität war es, allgemeine Bildung zu geben, somit bildete die Fakultät, in welcher diese Fächer gelehrt wurden, die »Artistenfakultät« oder philosophische Fakultät, den eigentlichen Körper der Universität und stellte auch den Rektor derselben. Jeder Dozent der Artistenfakultät musste jede der 24 vorgeschriebenen Vorlesungen halten können und diese wurden in jedem Semester durch das Los oder

XIV. Die Dampfmaschine.

Um die hohe Bedeutung dieser polytechnischen Schulen für die Folgezeit zu erkennen, müssen wir den Blick nochmals zurückwenden in die Zeiten Galileis.

Die Fortschritte im Bohren von Kanonenrohren hatten ermöglicht, brauchbare Pumpen herzustellen.[94] Pumpen waren zwar schon 150 Jahre vor Chr. von Ktesibios in Alexandria erfunden worden, wurden aber bis dahin nur als Feuerspritzen gebraucht. Nunmehr konnte man sie auch statt der Eimerkünste als Wasserhaltungsmaschinen bei Bergwerken anbringen. Sonderbarer Weise aber saugten die Pumpen auch bei sorgfältigster Ausführung das Wasser kaum zu einer Höhe von 10 Metern und selbst Galilei wusste für diese Erscheinung noch keine zutreffende Erklärung. Sein Schüler Toricelli war es, der die wahre Ursache aufdeckte in der

auch durch Wahl erteilt und hiessen darum »Lectiones volventes«. Erst 1557 wurde die Bestimmung aufgehoben. Als Lehrbuch diente hauptsächlich das Buch des Martianus Capella, welches damals als der Inbegriff aller Schulweisheit galt, daneben (hauptsächlich seit 1215) Aristoteles. Die rein praktischen Fächer, wie Medizin, Theologie, Jurisprudenz und Baukunst wurden, eben weil sie sich auf rein menschliche praktische Zwecke bezogen, nicht auf das ideale höchste Erkenntnisstreben des menschlichen Geistes, mehr als Anhängsel der Universität betrachtet und zwar wurden speziell Theologie, Jurisprudenz und Medizin als obere Fakultäten bezeichnet, während die noch sehr wenig entwickelte Baukunst, oder wie wir heute sagen würden, Technik überhaupt nicht beachtet wurde. Es entsprach das dem Geiste des Classicismus, der die ganze Universität beherrschte, welchem zufolge jede nützliche praktische Arbeit etwas für den freien Mann entehrendes hatte; verlangten doch Platon und Aristoteles geradezu den Ausschluss der Gewerbetreibenden vom Bürgerstande. Vielleicht waren ähnliche Auffassungen in Verbindung mit Bedenken finanzieller Art der Grund, weshalb Wucherer bei seinen Bemühungen eine technische Schule in Freiburg zu schaffen, keinen Erfolg hatte. Eine gewisse Bitterkeit bei seiner Verabschiedung von dem Freiburger Kollegium scheint darauf hinzuweisen. Auch an der Leipziger Universität scheiterte der Versuch, eine 4. obere Fakultät (technisch-realistische Fakultät genannt) zu schaffen, als die Fortschritte der technischen Chemie 1830 hiezu Anregung gaben. Man muss übrigens auch auf die dürftigen Verhältnisse jener Zeit Rücksicht nehmen, die sehr deutlich dadurch zur Anschauung kommen, dass in Leipzig noch 1830 Physik, Physiologie und Naturgeschichte vereinigt waren und erst in diesem Jahre besondere Professuren für Mineralogie, Botanik und Zoologie geschaffen wurden.

Das Hauptfach der philosophischen Fakultät bildet die Physik, namentlich wenn dieselbe als Vorschule für die technische Fakultät betrachtet wird. Als daher die polytechnischen Schulen eingerichtet wurden, bildete die Physik, die in Karlsruhe bereits durch das Grossh. physikalische Kabinet vertreten war, den Kern dessen, was man als die »Artistenfakultät« des Polytechnikums bezeichnen könnte, während die Bau-, Ingenieur- und die Maschinenbauschule gewissermassen die »oberen Fakultäten« darstellten, weil sie ganz spezielle praktische Ausbildung, nicht allgemeine Bildung anstrebten. Infolge der Gründung einer chemischen und einer elektrotechnischen Abteilung ist insofern eine Verschiebung eingetreten, als Chemie und Physik nicht mehr zur allgemeinen Abteilung, sondern in die Fachabteilungen gestellt wurden. Es lag hier die gleiche Schwierigkeit vor, wie 1836 in Leipzig, wo man die neue technische Fakultät ablehnte, weil man eine Zerreissung der philosophischen allgemeinen Fakultät durch Ausscheiden der Chemie und Physik vermeiden wollte.

94) Die Cylinderbohrmaschine bespricht zuerst Leonardo da Vinci. (Siehe Beck, Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaues Seite 345 und 442; ferner Gerland und Traumüller, Geschichte der Experimentierkunst).

Wirkung des Luftdrucks und der auch die Grösse dieses Druckes messen lehrte durch die Erfindung des Barometers.[95])

Nun sehen wir einen bedeutenden Politiker, den aus der Zeit des dreissigjährigen Krieges bekannten, schon erwähnten Bürgermeister von Magdeburg, Otto v. Guericke, in Erkenntnis der hohen Wichtigkeit der neuen Entdeckung die Untersuchungen fortsetzen. Seine Erfindung der Kolbenluftpumpe und sein Experiment mit den Magdeburger Halbkugeln vor dem Reichstag zu Regensburg sind allbekannt.

Weniger bekannt sind die Versuche, die Papin, der Professor der Physik an der Universität Marburg ausgeführt hat, um die Unvollkommenheiten der Guericke'schen Luftpumpe zu beseitigen. Sie führten Papin zu der klaren Erkenntnis der Existenz des Wasserdampfes, welchen man bis dahin für Luft gehalten hatte und seiner Eigenschaften und schliesslich zur hochwichtigen Erfindung der Dampfmaschine.[96])

Freilich war die damalige deutsche Technik nicht imstande, eine solche Maschine wirklich brauchbar auszuführen. Die Explosion eines Dampfkessels, durch welche auch Menschenleben zu Grunde gingen, nötigten Papin nach England auszuwandern und bei der dortigen höher entwickelten Technik Hülfe zu suchen.

95) Galilei bestimmte bereits das Gewicht der Luft, indem er in einen Glaskolben mit einer Spritze eine grosse Menge Luft hineinpresste und richtig schloss, dass die Gewichtszunahme das Gewicht der hineingepressten Luft darstelle.

96) Die bewegende Kraft des Dampfes kannte schon, wie oben erwähnt, Heron 120 v. Chr. Anthemius in Konstantinopel (im 6. Jahrhundert n. Chr.) ahmte ein Erdbeben durch Dampfkraft nach, indem er unter den Fussbodenbrettern des oberen Stockwerks starke Lederschläuche durch Dampf zum Platzen brachte, um dem dort wohnenden Hauseigentümer, mit welchem er in Streit lag, und dessen zu einem Gastmahl versammelte Freunde in Schrecken zu versetzen. Braunka 1629 (und ebenso Newton) erfand ein Dampfrad, welches ähnlich wie ein Wasserrad durch ausströmenden Dampf getrieben wurde und als Vorläufer der modernen Dampfturbinen gelten kann, ebenso wie Herons, Dampfreaktionsrad. Porta (1663) ist der Erfinder der Dampfdruckwasserheber, welche heute als Montejus bezeichnet werden. Er fand, dass man mittels Dampfkraft einen 40 Fuss hohen Springbrunnen erzeugen könne und dass der Dampf, der sich aus einem Gefäss voll Wasser beim Erhitzen entwickelt im Stande ist, eine 40 mal so grosse Menge Wasser aus einem anderen Gefässe herauszudrücken. Er vermochte sogar durch Dampfdruck eine Kanone zum Platzen zu bringen. Man kann ihn aber trotz dieser Experimente nicht als der Erfinder der Dampfmaschine bezeichnen. Es ist nicht einmal sicher, ob er einen klaren Begriff von der Existenz des Dampfes hatte, denn um jene Zeit hatte man den Unterschied zwischen Luft und Dämpfen noch nicht herausgefunden. (Siehe auch Prometheus 1892, S. 500 und 810, sowie Beck l. c. p. 552.) Erst die Versuche von Denis Papin (1660—1690) stellten klar, dass der Dampf etwas von Luft verschiedenes ist, dass sich bei der Verdampfung das Wasser nicht etwa in Luft verwandelt, welche Wasserpartikelchen mit sich fortreisst. Von Papin rührt auch der bekannte Versuch her, dass beim Erhitzen von Wasser in einem Kolben ein im Halse desselben befindlicher leicht beweglicher Stöpsel beim Erhitzen durch Dampf gehoben, beim Abkühlen durch den Luftdruck wieder herunter getrieben wird. Im Jahre 1712 gelang es Newcomen eine Dampfmaschine zu konstruieren zum Heben von Wasser in Bergwerken, welche eine Wassermenge förderte, zu deren Bewältigung vorher 50 Pferde und die 6 fachen Kosten erforderlich gewesen waren. (Siehe auch Gerland u. Traumüller.)

Mehrere haben sich dort um die Verbesserung der Maschine bemüht, aber erst dem Mechaniker des physikalischen Instituts der Universität Glasgow, James Watt, glückte es, nach unsäglichen Mühen und Schwierigkeiten eine brauchbare Konstruktion zu finden.[97] Nicht lange dauerte es dann, bis die Dampfmaschine als Triebmaschine für Fabriken, als Lokomotive und als Schiffsmaschine ihren Siegeslauf durch die Welt antrat und die gewaltigste Änderung aller Lebensverhältnisse hervorbrachte.[98]

97) Die wichtigsten Verbesserungen, welche Watt an der Dampfmaschine anbrachte sind: der doppelt wirkende Cylinder, die Schiebersteuerung, der Condensator (1765), das Schwungrad, der Centrifugalregulator und die Parallelogrammführung. 1782 wurde die erste Dampfmaschine in einer Baumwollspinnerei aufgestellt. 1810 gab es bereits 5000 Dampfmaschinen in England und 200 in Frankreich.

98) Die erste brauchbare Lokomotive wurde 1785 hergestellt; die erste Eisenbahn von Liverpool nach Manchester 1829; die erste deutsche Eisenbahn von Nürnberg nach Fürth 1835. Als Stephenson, der Erbauer der ersten brauchbaren Lokomotive behauptete, er könne eine Lokomotive für 20 englische Meilen in der Stunde bauen, wurde ihm in der Quarterly-Review erwidert: »Was kann wohl handgreiflich lächerlicher sein, als das Versprechen, eine Lokomotive für die doppelte Geschwindigkeit der Postkutsche zu bauen! Ebenso gut könnte man glauben, dass die Einwohner von Woodwich sich auf einer Longrewischen Rakete abfeuern liessen, als dass sie sich einer solchen Maschine anvertrauen würden«. Auf die im Parlamente an ihn gerichtete Frage, ob nicht, wenn eine Kuh sich auf das Geleise verirrte, das eine höchst fatale Situation sein würde, erwiderte er prompt: »Ja, höchst fatal für die Kuh«. Zu der feindseligen Haltung, die das Publikum der neuen Erfindung entgegenbrachte, die sich namentlich bei Herstellung der Schienengeleise kund gab, gesellten sich noch zahlreiche Schwierigkeiten technischer Natur, welche das Unternehmen zu vereiteln drohten.

Das immer lebhafter pulsierende geschäftliche Leben, die Erkenntnis »Zeit ist Geld« und die Erfahrung, dass thatsächlich Lokomotiven weit rascher von der Stelle kommen als Pferde, bewirkten aber, dass bald der allgemeinen Einführung im Prinzip kein Hindernis mehr entgegen stand.

Im Jahre 1550 brauchte eine Kutsche von Strassburg nach Basel noch 8 Tage; schon 1841 legte man die Strecke in 2 Stunden zurück. Von ganz hervorragender Bedeutung wurden die Eisenbahnen auch für den Postverkehr, namentlich seit Einführung der Briefmarken 1843.

In 50 Jahren wurden Schienenwege hergestellt von einer Ausdehnung, welche die der Römerstrassen, zu deren Herstellung nahezu ein Jahrtausend erforderlich gewesen war, mehr als das Doppelte übertrafen.

Das erste brauchbare Dampfschiff wurde von Fulton hergestellt 1807. Das erste Schraubendampfschiff wurde 1826 gebaut. 1820 gab es in England erst 43 kleine Dampfer. Noch 1825 ging die Kraft der Dampfer nicht über 60—80 Pferde. Der erste Ozeandampfer fuhr 1819 von New-York nach Liverpool.

Selbst noch 1839 war die Verwendung von Ressels Schraube für Kriegsschiffe verboten und erst 1876 wurde das Dampfschiff gegen das Segelschiff vorherrschend.

Von wesentlicher Bedeutung für die Verwendung der Dampfmaschine war die Erfindung der Sicherheitslampe (1816), welche die Gewinnung der Kohle in grösserem Masstabe ermöglichte.

Nun wurde sogar der so lange Zeit als eine der grössten Errungenschaften betrachtete Seeweg nach Indien um Afrika herum wieder entbehrlich. Die moderne Technik ermöglichte (ohne Sklaven) die Wiedereröffnung und wesentliche Verbesserung des alten Handelswegs durch den Suezkanal, ja man plante sogar den Bau eines Panamakanals zur Eröffnung eines direkten Seewegs nach Indien und China, wie ihn Columbus und Cabotto vergeblich zu finden gehofft hatten.

Die Herstellung des Suezkanals war auch in der Hinsicht von grosser Bedeutung, weil hiedurch der Kohlenverbrauch wesentlich eingeschränkt werden konnte. Der alte Kanal war von

Um die ungeheuren Schwierigkeiten, welche Watt zu überwinden hatte, würdigen zu können, bedenke man, dass dem damaligen Mechaniker ausser den allerprimitivsten Werkzeugen nur Drillbohrer und Drechselbank zur Verfügung standen, dass es noch keine Supportdrehbank gab und noch weniger die andern Werkzeugmaschinen, welche der moderne Maschinenfabrikant nicht entbehren kann.

Man bedenke auch, dass man noch nicht imstande war, ein grösseres Stück Eisen von gleichförmiger Beschaffenheit zu erzielen, weder ein Kesselblech, noch ein Schwungrad oder eine Pleuelstange; dass man deshalb Dampfcylinder gerade wie Geschützrohre aus Bronce oder Messing und die übrigen Teile aus Holz herstellen musste.[99])

Wenn Watt nichtsdestoweniger schliesslich sein Ziel erreichte, so verdankt er dies neben seinem Genie nicht zum mindesten seiner früheren Thätigkeit als Präzisionsmechaniker, durch die er an die Ausführung exakter Arbeiten gewöhnt worden war und seinen lebhaften Verkehr mit Physikern.

Die Feinmechanik hatte damals in England, hauptsächlich infolge der Bedürfnisse der Seefahrer, einen hohen Stand erreicht. Durch Galileis Entdeckung der Pendeluhren war wenigstens im Prinzip das Mittel zur Bestimmung der geographischen Länge gegeben, das die Nautik so schmerzlich vermisst hatte, dass das englische Parlament einen Preis von 400 000 Mark aussetzte für Auffindung eines solchen.

Ein wirklich brauchbares Chronometer wurde freilich erst im Jahre

---

dem Chalifen Almansor 978—1002 aus militärischen Gründen zugeschüttet worden. Der neue Kanal wurde nach Plänen von Negrelli durch Lesseps ausgeführt und 1869 eröffnet.

Mit der Steinkohlengewinnung und den Fortschritten der Eisenindustrie (speziell mit der Fabrikation eiserner Röhren) steht auch in Beziehung die Verbesserung des Beleuchtungswesens, welche zur Erleichterung und Förderung des Verkehrs von grosser Bedeutung wurde. Im Altertum kannte man überhaupt keine öffentliche Beleuchtung, wie schon oben erwähnt. 1667 waren die 912 Strassen von Paris nur mit 2736 kleinen qualmenden Öllämpchen erleuchtet, ja selbst 100 Jahre später, als der wichtige Fortschritt der Benutzung des Lampencylinders gemacht wurde, war es noch nicht wesentlich besser. Die erste Gasgesellschaft wurde 1810 in London gegründet, aber noch lange dauerte es, bis das Gaslicht in den Fabriken seinen Einzug hielt.

99) Gusstahl wurde zwar schon 1710 hergestellt, doch erst 1767 gelang es, brauchbare Eisenbahnschienen zu giessen. 1779 wurde die erste feste eiserne Brücke hergestellt. Noch 1804 war es unmöglich, geeignetes Eisenblech für Dampfkessel zu erhalten, so dass Trevithik es vorzog Lokomotivkessel aus Gusseisen herzustellen. Stephensons erste Lokomotive (1829) hatte noch hölzerne Triebräder mit Eisenreifen und hölzerne Pleuelstangen. Obschon der Puddelprozess, welcher eine rasche und zuverlässige Umwandlung von Roheisen in Schmiedeisen und Stahl ermöglichte, bereits 1783 erfunden worden war, so fand er doch erst 1845 wirklich praktische Anwendung, nachdem die Regeneratorgasfeuerung an Stelle der Kohlenfeuerung in Flammofen getreten war. Der erste grössere Dampfhammer, dessen Idee ebenfalls von Watt 1784 herrührt, wurde 1838 von Nasmyth aufgestellt.

1730 auf Newtons Anregung von Harrison ausgeführt, welcher dafür neben Euler und Tobias Mayer einen Teil des grossen Preises erhielt.[100])

Ein weiteres wertvolles Geschenk Galileis für den Seefahrer war die Entdeckung des Fernrohrs, die später die Ersetzung des Jakobstabs durch den Sextanten und die Herstellung genauer Ephemeriden zur Folge hatte.

Ausser nautischen Instrumenten fertigte man in England noch Mikroskope, Luftpumpen, Elektrisiermaschinen und andere physikalische Apparate, wie sie namentlich von Guericke und Newton angegeben waren.

Es ist bezeichnend für die damalige Zeit, dass bei der erwähnten Verbesserung des Karlsruher physikalischen Instituts 1778 dessen Mechaniker nach England reisen musste, um dort Apparate einzukaufen.[101])

Als bedeutendste politische Wirkung der Erfindung der Dampfmaschine, sowie der Eisenbahnen und Dampfschiffe erscheint die Beseitigung der un-

100) Die Begleiter Magelhaens waren bei ihrem Eintreffen in Spanien nach der ersten Weltumsegelung sehr bestürzt, als sich ergab, dass man um einen Tag hinter dem Kalender zurückgeblieben war und folglich zu unrechter Zeit gefastet hatte.

Dies ist insofern auffallend, als man bereits im Altertum versucht hatte, durch Ermittelung des Zeitunterschiedes der Beobachtung einer Mondfinsternis an zwei verschiedenen Orten den Unterschied ihrer geographischen Länge zu ermitteln.

Columbus suchte sich auf seiner zweiten Reise, wenn die Schiffsrechnung unsicher war, durch Bestimmung der magnetischen Deklination über die geographische Länge zu orientieren. Bei der ersten Reise hatte er nämlich gefunden, dass sich die Deklination nach Westen verringerte und schliesslich in die entgegengesetzte überging.

Nachdem Galilei mittels seines Fernrohrs den Umlauf der Jupitermonde beobachtet hatte, kam er alsbald auf den Gedanken, diese Erscheinung zur Bestimmung der geographischen Länge zu benutzen, insofern der Jupiter mit seinen Trabanten gewissermassen eine im Weltraum schwebende Uhr darstellt, welche überall sichtbar ist, so dass durch Vergleich derselben mit einer nach der Sonnenuhr regulierten Uhr die geographische Länge gefunden werden kann. Er wusste für diese Methode die vereinigten Staaten von Holland zu interessieren und stellte denselben Ephemeriden der Jupitertrabanten, sowie hinlänglich genau gehende Uhren in Aussicht.

Tobias Mayer hatte auf Grund der Berechnungen Eulers Mondtafeln hergestellt, welche ermöglichten, durch Messung des Abstandes dieses Gestirnes von gewissen Fixsternen und Bestimmung der Ortszeit die geographische Länge zu ermitteln.

Der seit 1767 erscheinende, von der englischen Admiralität herausgegebene nautische Almanach gab zum erstenmale genaue, für die Längenbestimmung geeignete Ephemeriden.

101) Die Schwarzwälder Uhrenindustrie begann sich 1680 zu entwickeln. Von technischen Erfindungen aus dieser Zeit sind zu nennen: Kerzengiesserei 1630, optischer Zeigertelegraph 1633, Chlorzinklöthwasser 1648, Sprachrohr, Spritzenschläuche, Regenschirme, Seidenindustrie 1670, doppelt wirkende Kolbenpumpe 1716, Centrifugalpumpe 1732, Rauhmaschine, Mulespinnmaschine 1779, Kreissäge, Kopiermaschine 1780, Stereotypplatten 1787, Trommelkratze 1789, hydraulische Presse 1795, Papiermaschine 1797, Jacquardwebstuhl 1808, Perkussionsgewehre 1808, Feilmaschine von Reichenbach 1810, Maschinenwebstuhl 1813.

Im Jahre 1814 erschien zum erstenmal die Londoner Times mit der von König in Eisleben erfundenen Schnellpresse gedruckt. Es folgten: Metalldruckerei, Sicherheitslampe 1816, Daguerrotypie 1820, Flachspinnmaschine, Zündhütchen, Dampftrockenmaschine, Stahlfederfabrikation 1820, das elektrische Bogenlicht 1822, Letterngiessmaschine, Metallätzung 1823, Selfaktorspinnmaschine 1830.

zähligen Zunftprivilegien[102]) und Zollschranken,[103]) von denen wir uns heute kaum mehr einen richtigen Begriff machen können.

Wie gesagt, war mit der Vernichtung der alten Kultur auch die einheitliche Leitung eines grossen Staatswesens unmöglich geworden. Jede Korporation und jede Zunft, jedes Städtchen und jedes Staätchen sorgten nur für sich, ohne Rücksicht auf das Ganze. In Ermanglung einer starken,

[102]) Schon die Einführung der Maschinen und des Fabrikbetriebes überhaupt, wozu zunächst die rasche Entwicklung der Baumwollindustrie Anlass gegeben hatte, war auf den heftigsten Widerstand der Zünfte gestossen. Man befürchtete, dass durch die Maschinen, welche einen Arbeiter befähigten, das zehn- und hundertfache wie vordem zu leisten, dem Volke die Gelegenheit zu Verdienst und so geradezu die Möglichkeit der Existenz entzogen würde.

Der Erfinder der Schnellschütze, welche rascheres Durchbringen des Schussfadens beim Weben ermöglichte, musste sich flüchten, verlor durch Prozesse sein Vermögen und starb, nachdem sein Haus samt allen Maschinen zerstört worden war, in grossem Elend.

Der Erfinder der Bandmühle, welche ermöglichte, 20 und mehr Bänder gleichzeitig zu weben, wurde getötet und sein Bandwebstuhl öffentlich verbrannt, sowie durch Reichsverbot fernerhin unmöglich gemacht.

Noch 1719 erneuerte in Deutschland Kaiser Karl VI. dieses Verbot. Aber kaum 50 Jahre waren verflossen, da wurden jedem, der die Anlage einer Bandmühle bewerkstelligte, eine Belohnung von 30—50 Thalern zugesichert! So sehr hatten sich in dieser kurzen Zeit die Anschauungen geändert.

Auch in Frankreich hatte Heinrich III. das Arbeiten als »droit royal et domanial« erklärt. Jeder Arbeiter musste besondere Erlaubnis haben zu den Arbeiten, deren Ausführung genau vorgeschrieben wurde. Jede Abweichung, auch wenn es eine Verbesserung war, wurde bestraft. Besondere Inspektoren sorgten in solchem Falle dafür, dass die Stoffe verbrannt, die Webstühle zertrümmert wurden.

Zu Ende des 18. Jahrhunderts versagte Kurmainz der preussischen Post die Konzession, weil sie zu schnell gehe, so dass Gastwirte, Bäcker, Sattler, Schmiede Bierbrauer und Weinschenker an den Landstrassen nicht genügende Nahrung hätten. Manche Gemeinden wehrten sich, die Strassen ordentlich in Stand zu setzen, weil durch Radbrüche und sonstige Unfälle die Reisenden zu längerem Aufenthalt gezwungen wurden und dadurch Geld unter die Interessenten kam, d. h. Gastwirte, Radmacher und Chirurgen.

[103]) Nicht mit Unrecht sagte man, in Deutschland könnten die einzelnen Staaten und Städte nur durch Gitter mit einander verkehren.

Längs der Elbe befanden sich noch im Jahre 1858 von der österreichischen Grenze bis nach Hamburg 14 deutsche Zollerhebungs- und Revisionsstellen, längs des Mains auf der kurzen Strecke von Bamberg bis Frankfurt sogar 33.

In der Bittschrift, welche List im Namen des Vereins deutscher Kaufleute und Fabrikanten an den Bundestag richtete, wird gesagt: »Achtunddreissig Zoll- und Mautlinien in Deutschland lähmen den Verkehr im Innern und bringen ungefähr dieselbe Wirkung hervor, wie wenn jedes Glied des menschlichen Körpers unterbunden wird, damit das Blut ja nicht in ein anderes überfliesse. Um von Hamburg nach Österreich, von Berlin in die Schweiz zu handeln, hat man zehn Staaten zu durchschneiden, zehn Zoll- und Mautforderungen zu studieren, zehnmal Durchgangszoll zu bezahlen. Wer aber das Unglück hat, auf einer Grenze zu wohnen, wo drei oder vier Staaten zusammenstossen, der verlebt sein ganzes Leben mitten unter feindselig gesinnten Zöllnern und Mautnern, der hat kein Vaterland. Trostlos ist dieser Zustand für Männer, welche wirken und handeln möchten; mit neidischen Blicken sehen sie hinüber über den Rhein, wo ein grosses Volk vom Kanal bis an das mittelländische Meer, vom Rhein bis an die Pyrenäen, von der Grenze Hollands bis Italien auf freien Flüssen und offenen Landstrassen Handel treibt, ohne einem Mautner zu begegnen. Die Kraft derselben Deutschen, die zur Zeit der Hansa unter dem Schutze deutscher Kriegsschiffe den Welthandel trieben, geht durch achtunddreissig Maut- und Zollsysteme zu Grunde.«

alles beherrschenden Regierungsgewalt fehlte vollständig jener Gemeinsinn, den wir heute von jedem verlangen und im Interesse des Staatswohls verlangen müssen, jenes Vertrauen auf die Macht des Staates, das überhaupt erst geweckt wurde durch die infolge der neuen Erfindungen eintretende Möglichkeit einer geordneten zentralen Verwaltung.

Grosse Verdienste erwarben sich in dieser Hinsicht wie gesagt die polytechnischen Schulen, weniger durch Sammlung und Bewahrung der gewonnenen Kenntnisse und Heranziehung zahlreicher Ingenieure, d. h. durch ihre pädagogische Thätigkeit, als vielmehr durch wissenschaftliche Bearbeitung der Konstruktionsmethoden unter Verwertung der von den Physikern inzwischen aufgedeckten neuen Gesetze.[104])

Die Notwendigkeit für die Berg- und Hüttenwerke Motoren zu gewinnen, welche nicht wie Wasserkräfte vom Orte abhängig sind, hatten schon im Mittelalter zur Zeit der magischen Physik zahllose Versuche veranlasst, ein Perpetuum mobile zu konstruieren. Leibniz, neben Newton der Erfinder der Differential- und Integralrechnung, kam durch solche Bestrebungen bereits zu der klaren Vorstellung der Erhaltung der mechanischen Energie und der Möglichkeit der Aufspeicherung der von Windmühlen gelieferten Arbeit in einem hydraulischen Akkumulator.

Im Anschluss hieran führten die Erfahrungen des Grafen Rumford, des berühmten bayerischen Kriegsministers, über die Wärmeerzeugung beim

---

[104]) Während das Bestreben der Mechaniker des Altertums und des Mittelalters dahin ging, alles mit Anmut zu zieren (beispielsweise wurden selbst Gewichtsteine mit Ornamenten versehen), waren nunmehr die Mechaniker und Ingenieure bestrebt, alles in erster Linie zweckmässig einzurichten, z. B. ein Rad von solcher Festigkeit, dass es wohl der Wirkung der Zentrifugalkraft widerstehen konnte, aber auch nicht stärker, so dass jede Materialverschwendung vermieden wurde u. s. w. Von hervorragender Bedeutung für die Entwicklung des Maschinenbaues wurde insbesondere unsere Karlsruher Hochschule unter Leitung des berühmten Redtenbacher.

Die Physik hatte um diese Zeit grosse Fortschritte gemacht. Seit der Erfindung der Differential- und Integralrechnung durch Newton (1669) und Leibniz (1684) und der analytischen Geometrie durch Descartes (1644) war die Behandlung vieler Probleme möglich geworden, die früher als unlösbar gegolten hatten und mit Jakob und Johann Bernoulli (1700—1720) begann die Entwicklung der heutigen mathematischen Physik, sowie die Bildung des Energiebegriffs, welcher für Physik und Technik von grösster Bedeutung geworden ist.

Bereits Daniel Bernoulli hatte das Prinzip von der Erhaltung der Kraft geahnt, nachdem schon zuvor Huygens die Unmöglichkeit des Perpetuum mobile betont hatte. Zu den Hauptbegründern der mathematischen Physik ist ferner Leonhard Euler zu rechnen (geb. 1707 in Basel, gest. 1783 in Petersburg). Von bedeutenden Physikern jener Zeit seien noch genannt: Poinsot (1777—1859), Poisson (1781—1840) und Fresnel (1788—1827).

Bis zu gewissem Masse kann allerdings die Technik Neues schaffen ohne Physik. Man denke z. B. an die Entwicklung der Textilindustrie, der Metallbearbeitung, der Buchdruckerkunst und des gewöhnlichen Maschinenbaus. Im allgemeinen ist aber, und besonders für die moderne Technik, die Beziehung eine sehr innige (vergl. auch Prometheus 1892, 428; 1894, 77, 284, 381; 1895, 12, 59; 1900, 66, 81).

Bohren von Kanonen, sowie die Betrachtungen Carnots über die Arbeitsleistung der Dampfmaschine schliesslich zu den beiden Hauptsätzen der heutigen Physik, dem Gesetze der Erhaltung und dem der Zerstreuung der Energie.

Nun wurde es möglich, die Leistungen der Maschinen genau zum Voraus zu berechnen und den Teilen solche Gestalt und Einrichtung zu geben, dass der beabsichtigte Zweck sicher in der vollkommensten Weise erreicht wurde.

XV. Napoleon I.

Ein Politiker ersten Ranges, der zur Zeit der Erfindung der Dampfmaschine ganz Europa in Schrecken versetzte durch seine hochfliegenden Pläne, die nichts geringeres anstrebten, als das römische Kaiserreich zu erneuern und es bis zum Indus auszudehnen wie das Reich Alexanders des Grossen,[105] Napoleon I., zeigte durch das grosse Interesse, welches er der Polytechnischen Schule zuwandte, wie hoch er die Leistungen der Physik und Technik zu schätzen wusste.

Den Physiker Volta in Como liess er nach Paris kommen, um seine neu entdeckte galvanische Säule zu demonstrieren, und überhäufte ihn mit ganz ungewöhnlichen Ehren, obschon man damals noch nicht ahnen konnte, welch ungeheuer grosse Wichtigkeit die neue Entdeckung für die Politik durch ihre Verwertung zum Telegraphen durch die Physiker Gauss und Weber in Göttingen später erlangen sollte.

Hätte Napoleon die modernen Verkehrsmittel zur Verfügung gehabt und statt des optischen Telegraphen, mit dem man sechs Stunden brauchte um von Strassburg nach Paris zu telegraphieren,[106] und der ihm trotzdem sehr häufig die Möglichkeit bot, seine Gegner zu überraschen, den elektrischen

[105] »Wäre St. Jean d'Acre nicht gewesen, so hätte ich der Welt eine andere Gestalt gegeben und wäre Kaiser des Morgenlandes geworden. An einem Sandkorn sind meine Pläne zerschellt«, sagte Napoleon.

[106] Die Erschiessung von Andreas Hofer (1810) erfolgte auf telegraphischen Spezialbefehl von Mailand aus. Feuerzeichen zur Signalgebung waren schon im Altertum im trojanischen Kriege bekannt. die Semaphoren oder optischen Telegraphen wurden 1793 von Gebrüder Chappe erfunden.

Wesentlich trug auch zu Napoleons Siegen die ausgedehnte Verwertung der Geschütze bei, wodurch er selbst unter ungünstigen Umständen gegen tüchtige Heere oder grosse Übermacht sich zu behaupten wusste.

Die erste Artillerieschule war von den Venetianern 1506 gegründet worden. Das erste Artillerieregiment unter Ludwig XIV. (1671), das erste reitende Artillerieregiment unter Friedrich dem Grossen (1759). Früher waren nur der Infanterie einzelne Geschütze beigegeben.

Telegraphen, wer weiss, ob ihm nicht die Durchführung seiner Pläne und die völlige Niederwerfung Deutschlands, welches sich von den Nachwirkungen des dreissigjährigen Krieges noch nicht erholt hatte, geglückt wäre.

Bezeichnend für den damaligen Stand der Technik in Deutschland ist es, dass sich hier niemand fand, der die neue Erfindung auszunutzen im stande war und dass der Telegraph, ebenso wie die Dampfmaschine, den Weg aus dem physikalischen Laboratorium in die Praxis über England nehmen musste.

Zu jener Zeit, als die Schrecken der Revolution, welche Ströme von Blut gekostet hatten, kaum vorüber waren, am Ende des 18. Jahrhunderts, schrieb unser grosser Dichter Göthe an seinen Freund Schiller: Möge der Anfang des künftigen Jahrhunderts wie das Ende des vergangenen sein! Auf besseres wagte er nicht zu hoffen.[107] Und zur Zeit der Erfindung der Dampfmaschine, welche die ganze Welt umgestalten sollte, sowie der Voltaschen Saule, schrieb er, mit Bearbeitung seines Faust[108] beschäftigt, verdriesslich über das immerwährend nötige Putzen der Unschlittkerze: »Wüsst nicht was sie besseres erfinden könnten, als Lichter, die ohne Putzen brennten«.[109]

XVI. Die neue Zeit.

Die Erfindung des Telegraphen[110] war nicht die einzige Folge der Entdeckung der galvanischen Säule. Um dieselbe Zeit entdeckte der englische Physiker Faraday eine weitere hochwichtige Erscheinung, die Magnetoinduktion und damit die Grundlage der modernen Elektrotechnik.[111]

[107]) Im Jahre 1806 erfolgte die Auflösung des deutschen Reiches und die Gründung des Rheinbunds«.

[108]) Göthes Faust entstand im Jahre 1807.

[109]) Man brannte damals noch Unschlittkerzen, deren Docht alle paar Minuten mit einer Lichtputzscheere abgeschnitten werden musste. Die Stearinkerzen wurden erst im Jahre 1825 erfunden.

[110]) Die erste politisch bedeutsame Folge jener Entdeckung der galvanischen Säule durch Volta war die Erfindung der elektromagnetischen Telegraphie durch Gauss und Weber in Göttingen 1833.

Mit dem Telegraphen war eines der Verkehrsmittel gegeben, welches dem Altertum und Mittelalter fehlte, und dessen Mangel die Aufrechterhaltung der Ordnung grosser Staatengebilde und damit deren Bestand vereitelt hatte. Heute ist durch den Telegraphen die Regierung eines ausgedehnten Staates und ebenso die Verwaltung einer grossen kaufmännischen oder industriellen Unternehmung allgegenwärtig. Die Leitung der Geschäfte kann von einer Zentralstelle aus geschehen und unvorhergesehene gewaltsame Störungen, welche ehemals gewissermassen über Nacht plötzlich alle Erfolge in Frage stellten, sind unmöglich geworden.

[111]) Die Entdeckung der Induktionserscheinungen durch Faraday im Jahr 1833 führte zunächst zur Konstruktion der magneto-elektrischen Maschinen, welche durch Siemens & Gramme

Leider ist es bei der Kürze der Zeit unmöglich, all die zahlreichen physikalischen Entdeckungen,[112]) die nun Schlag auf Schlag folgten, deren Verwertung für die Technik[113]) und damit ihre Bedeutung für das politische

zu Dynamomaschinen vervollkommnet wurden. Damit war aber die moderne elektrische Kraft- und Lichtverteilung so wenig gegeben, wie durch die Erfindung der ersten brauchbaren Telegraphen, die heutige submarine Telegraphie. In beiden Fällen wurde der wesentliche Fortschritt bedingt durch Untersuchungen im physikalischen Laboratorium, insbesondere durch Entdeckung der Fundamentalgesetze der elektrischen Leitung durch Professor Ohm in München und diejenigen der elektrodynamischen Wirkungen und die Messung der elektrischen und magnetischen Energie durch Ampere, Gauss, Weber, Sir W. Thomson (Lord Kelvin), Maxwell und Helmholtz u. A.

[112]) Bezüglich der Dampfmaschine war man nach dem Vorgange Carnots bis zum Jahre 1842 der Ansicht, dass die Arbeit ohne Verbrauch an Wärme hervorgebracht werde, durch Herabsinken einer Wärmemenge von höherer auf niedere Temperatur ähnlich wie durch das Herabsinken des Wassers beim Wasserrad, was nicht mit dem Gesetz der Erhaltung der Energie in Einklang zu bringen ist. Ein Liebhaber der Physik, der Arzt Robert Mayer war es, der zuerst hier Aufklärung brachte durch den Nachweis, dass auch die Wärme eine Form der Energie ist. Wie unerwartet den Physikern damals diese Entdeckung kam, zeigt sich darin, dass Robert Mayer die grössten Schwierigkeiten hatte, seine Entdeckung bekannt zu machen. Seinen Aufsatz wollte niemand drucken und als er ihn auf eigene Kosten drucken liess, fand sich niemand, der ihn las. Als er dem bekannten Physiker Jolly in München die Sache vortrug, sagte dieser: »Da müsste ja Wasser, wenn man es schüttelt, warm werden!« Robert Mayer entfernte sich und kam nach einigen Wochen, als Jolly die ganze Angelegenheit längst vergessen hatte, ohne Gruss in dessen Zimmer gestürzt und sagte dem betroffenen Physiker weiter nichts als: es isch e so.

Freilich kostete es noch sehr viele Mühe, bis unser Fundamentalsatz der modernen Physik nach jeder Richtung klar erwiesen war. Insbesondere war es Helmholtz (1847), der durch seine mathematischen Untersuchungen darlegte, dass sich ihm auch die elektrischen und magnetischen Erscheinungen unterordnen, nachdem zuvor Gauss und Weber (1833) ermittelt hatten, wie man die elektrischen und magnetischen Grössen in exakter Weise messen kann.

Die Wirkungen dieser neuen Resultate der physikalischen Forschung auf die Technik liessen nicht lange auf sich warten. Die Clausiussche Verwertung derselben wurde durch Zeuner auf das Gebiet des Dampfmaschinenbaus übertragen und bildet heute ein Hauptkapitel der Maschinenbaukunde.

[113]) Von technischen Erfindungen sind hervorzuheben: 1808, Reichenbachs Wassersäulenmaschine. 1808, Fraunhofers Flintglas. 1824, Turbine, Heissluftmaschine. 1825, Elektromagnet, Ventilator. 1827, Chromolithographie. 1828, Strassenkehrmaschine. 1829, Strickmaschine, Kettenstichnähmaschine, Stereotypie mit Papiermatrizen. 1833, Phosphorstreichhölzer. 1835, Schriftgiessmaschine. 1837, Morsetelegraph, Lichtpausen auf Papier. 1838, Galvanoplastik. 1845, erste brauchbare Nähmaschine. 1847, elektrische Klingel. 1850, Vacuumdampfapparate, Photographie. 1852, Eriksons Heissluftmaschine. 1854, Galvanokaustik. 1866, Dynamomaschinen, Elektromotoren, elektrische Sprengtechnik, elektrische Signalvorrichtungen. 1867, Gasmotor, Dampffeuerspritze, Eismaschine. 1871, Pulsometer, Grammemaschine.

Es ist unmöglich alle Einzelheiten der technischen Fortschritte hier genau nach Jahreszahlen zu registrieren, doch sei noch hingewiesen auf die Fortschritte im Bau von Lauf- und Drehkrahnen, von Maschinen für Färberei- und Tapetendruck, zur Bearbeitung von Holz und Eisen, für die Landwirtschaft, auf die Verbesserung des Holzschnitts, Druck von Wertpapieren, Papiermaschinen für endloses Papier und Rotationsschnellpressen, Verbesserung und Herstellung der Waffen und Geschütze, von Eisenbahnwagen und Seeschiffen, von Theatermaschinerien und insbesondere auf die grossartigen Eisenkonstruktionen der Neuzeit, z. B. den Eiffelturm, die New-Yorker Himmelskratzer und die Brücke über den Hudson mit 800 Meter Spannweite der Bogen, welche zugleich ein schönes Bauwerk darstellt. (Siehe Buch der Erfindungen, Gewerbe und Industrie, Leipzig, Spamer, 1901.)

Die durch die Bedürfnisse der Physik und Astronomie ausgebildete Präzisionstechnik wurde von Reichenbach auch auf den Maschinenbau übertragen. Dr. Prony lehrte durch die nach ihm benannte Bremse die Leistung und den Wirkungsgrad von Motoren beurteilen, Treska führte das

Leben im einzelnen darzulegen. Es erscheint auch kaum nötig, speziell auf die Beziehungen der Technik zu unserer modernen Kultur die wir ja täglich vor Augen haben, näher einzugehen.[114]

technologische Experiment ein und Hartig die dynamometrischen Messungen bei Werkzeugmaschinen. Wichtig war ferner die Einführung des Rechenschiebers und der Rechenmaschinen, sowie die Herstellung genauer Schablonen oder Lehren und die Konstruktion präziser Messvorrichtungen, durch welche im Verein mit Spezialmaschinen die Massenfabrikation sehr guter und dennoch sehr billiger Waren ermöglicht wurde.

Die Berechnungen von Helmholtz und Abbe führten zu Verbesserungen in der Konstruktion der Fernrohre, der Mikroskope und der photographischen Apparate, somit auch aller derjenigen Zweige der Technik, welche solcher Apparate bedürfen, insbesondere für die Kriegsführung, für die Medizin und für die Photographie. Durch alle Zweige der Physik wurde die Meteorologie gefördert und damit die Schiffahrt. Der Einfluss der Physik auf die Technik war übrigens nicht nur ein direkter, sondern auch ein indirekter, nach dem sogenannten Prinzip des Gebrauchswechsels. Es kann nämlich beispielsweise ein Fortschritt in der Konstruktion eines astronomischen Instruments eine wesentliche Verbesserung der Konstruktion der Kanonen zur Folge haben, weil in beiden Fällen dasselbe Prinzip nur in verschiedener Weise zur Anwendung kommt. So hat auch die Übertragung des Dynamoprinzips von der Influenzmaschine, erfunden von Töpler und Holtz (1865), auf die magneto-elektrische Maschine zur Erfindung der Dynamomaschine durch Siemens (1866) geführt. (S. a. Dannemann, Grundr. d. Gesch. d. Naturwissenschaften; Günther, Gesch. d. Naturwissensch.)

Um noch einiges andere anzuführen, sei erwähnt, dass Telephon und Phonograph im Prinzip hervorgegangen sind aus den Helmholtzschen Untersuchungen über Klangfarbe und dass die neuesten Zweige der Technik die drahtlose Telegraphie und Telephonie und die Photographie mit Röntgenstrahlen, ihren Ausgang genommen haben von jenen in gleicher Weise für die Elektrizitätslehre und Optik hochwichtigen Ergebnissen der Arbeiten, des leider so früh verstorbenen Hertz im Karlsruher physikalischen Institut, die selbst wieder auf Helmholtzschen Untersuchungen fussen. Wer sich heute irgend eine technische Vorrichtung, etwa eine Dynamomaschine, in ihre Teile zerlegt denkt, wird finden, dass sich kaum ein Teil finden läst, dessen Herstellung nicht Arbeitsmethoden erfordert hätte, die in dieser oder jener Hinsicht auf Ergebnissen physikalischer Untersuchungen beruhen. Der Kupferdraht ist vielleicht elektrolytisch hergestellt, bei Entkohlung des Roheisens zu Stahlguss hat wohl das Spektroskop eine Rolle gespielt, bei Konstruktion der Magnete musste zunächst die magnetische Durchlässigkeit der Eisensorte nach physikalischen Methoden bestimmt werden, bei Herstellung der Bewickelungen der Isolationswiderstand und die Wärmeleitung der Umspinnung u. s. w.

114) »Ein Mensch kann den Strom der Zeit nicht schaffen noch lenken, sondern nur darauf steuern!« ist ein bekannter Ausspruch Bismarcks. In der That gab es auch schon im Altertum und im Mittelalter hervorragende Fürsten von bewunderswerten geistigen Anlagen, von eiserner Thatkraft und aufrichtiger Liebe zu ihrem Volke; aber die Gründung eines modernen grossen Staates mit geordneter Verwaltung, in welchem trotz grosser Dichtigkeit der Bevölkerung alles ohne drückende Gewaltanwendung in geregelter Weise sich vollzieht, das ganze Volk sich wohl fühlt und mit Vertrauen die Leitung seiner Angelegenheiten den Behörden überlässt, gelang damals nicht. Hierzu musste erst der Boden bereitet werden durch die Fortschritte der Wissenschaft und der Technik, vor allem durch diejenigen Erfindungen, welche die Schranken zwischen den Staaten durchbrachen und die Menschen einander näher brachten, d. h. durch Eisenbahnen, Dampfschiffe und Telegraphen. Wie schwierig selbst noch vor 100 Jahren die Verkehrsverhältnisse waren und dass man mit Recht die Schienen »eiserne Brautringe« der Staaten genannt hat, geht z. B. deutlich aus der Schilderung eines Reisenden hervor, der damals gezwungen war, von Schwäbisch-Gmünd nach Ellwangen zu fahren, eine Strecke, welche man heute mit der Eisenbahn bequem in 50 Minuten durchfährt. Die Reise, welche er in Gesellschaft seiner Frau und Magd in einem zweispännigen Wägelchen unternahm, nachdem er zuvor »für glückliche Erledigung vorhabender Reise«, eine Messe hatte lesen lassen, begann am Montag Morgen. Schon nach einer Stunde blieb das Fuhrwerk im Kote stecken, sodass die Gesellschaft aussteigen und »bis übers Knie im Dreck platschend« den Wagen schieben

Das aber möchte ich doch mit Nachdruck betonen, dass, wenn auch manche technische Erfindungen wie die der Spinn- und Webmaschinen ohne Zuthun der Physik erfolgten, doch alle prinzipiellen Neuerungen auf dem Gebiete der Technik in innigstem Zusammenhang stehen mit der physikalischen Forschung; dass alle diese neuen Errungenschaften ihren Ausgang genommen haben in physikalischen Laboratorien und nirgendwo anders entstehen konnten.

Der Techniker, der im Leben steht, muss, wenn er seine Pflicht erfüllen will, seine ganze Aufmerksamkeit der praktischen Durchbildung der Maschinen für die Zwecke, denen sie dienen sollen, zuwenden. Er braucht seine volle

musste. Mitten im Dorfe Böbingen fuhr der Knecht »mit dem linken Vorderrad unversehendlich in ein Mistloch, dass das Wägelchen überkippte und die Frau Eheliebste sich Nase und Backen an den Planreifen jämmerlich zerschund«. Alsdann musste man für eine Strecke von 10 Kilometer 3 Pferde Vorspann nehmen und doch brauchte man 6 volle Stunden, um dieselben zurückzulegen. Nachdem man in Aalen übernachtet hatte, wurde am andern Morgen in aller Frühe die Reise fortgesetzt, aber gegen Mittag etwa 100 Schritte vor dem Dorfe Hopfen fiel der Wagen in einen »Gumpen«, so dass alle »garstig beschmutzt wurden, die Magd die rechte Achsel auseinander brach und der Knecht sich die Hand verstauchte«. Da ausserdem eine Radachse gebrochen und ein Pferd am linken Vorderfusse gelähmt worden war, so musste man zum zweitenmal übernachten, im Dorfe Pferde, Wagen, Knecht und Magd zurück lassen und einen Leiterwagen mieten, auf welchem die Reisenden endlich, »ganz erbärmlich zusammengeschüttelt«, am Mittwoch um Vesperläuten vor dem Thore von Ellwangen anlangten. (Siehe auch Stephan, 100 Jahre in Wort und Bild, S. 4.)

Dass unter solchen Verhältnissen kein nennenswerter Verkehr zwischen den einzelnen Staaten bestand, dass speziell im deutschen Reiche jeder Einzelstaat nur für sich selbst sorgte und kein Gefühl der Zusammengehörigkeit der deutschen Stämme aufkommen konnte, ist leicht zu verstehen. So erscheint es auch begreiflich, dass es im Jahre 1774 dem Magister Chr. G. Elben in Stuttgart, dem späteren Begründer des schwäbischen Merkur, passieren konnte, dass er ohne jedes Recht aufgegriffen, nach Berlin abgeführt und für 4 Jahre ins preussische Militär gesteckt wurde. Es erscheint auch begreiflich, dass, als im Jahre 1806 das hl. römische Reich deutscher Nation durch ein Dekret des Kaisers Franz II. aufgelöst wurde, kaum jemand etwas davon bemerkte. Die Worte, die jener letzte römisch-deutsche Kaiser an die Laibacher Professoren richtete: »Ich brauche keine Gelehrten, ich brauche brave Bürger; wer mir dient muss lehren was ich befehle; wer das nicht kann, kann gehen!« sind bezeichnend für die verkehrte politische Auffassung jener Herrscher, welche glaubten, durch Machtbefehle bessern zu können und die hohe Bedeutung der Entwicklung der Wissenschaften für das Wohl des Staates völlig verkannten. Wie sehr sich nach der raschen Entwicklung von Physik und Technik der Zeitgeist änderte, zeigt sich darin, dass sich bald allenthalben ein unwiderstehliches Streben nach einem einheitlichen Deutschland geltend machte, und das neue deutsche Reich entstand als eine freie Schöpfung eines freien Volkes, nicht infolge von Gewaltmassregeln von oben, sondern im Gegenteil, obschon der Kanzler des damaligen ersten und grössten deutschen Bundesstaates, Fürst Metternich, erklärte: »es gebe keinen verruchteren Gedanken, als den, die deutschen Völker in ein Deutschland vereinigen zu wollen«.

Ähnliches, was für das deutsche Reich gilt, gilt mutatis mutandis natürlich auch für andere Staaten, in welchen Wissenschaft und Technik die gebührende Pflege gefunden haben.

Und so, wie die Technik beigetragen hat zur Herstellung geordneter Verhältnisse im Innern der Staaten, so hat sie auch durch Verbesserung der Waffen und Geschütze wesentlich dazu beigetragen, den Frieden nach aussen zu erhalten und dem Handel und der Industrie den Schutz zu gewähren, dessen sie notwendig bedürfen.

Kraft dazu und kann sich nicht mit dem anscheinend Nebensächlichen, nicht unmittelbar Gewinnbringenden beschäftigen. Die Entdeckung einer prinzipiell neuen Erscheinung vermag aber nur der zu machen, der das Ganze ungeheuere Gebiet der Physik klar übersieht und die nötige, durch beständige ungestörte Forschungsthätigkeit im physikalischen Laboratorium gewonnene Übung besitzt, aus undeutlichen und verworrenen Anzeichen durch Nachforschung auf dem Wege der Rechnung und des Experiments ein einfaches, klares Resultat abzuleiten.[115])

Nicht zu übersehen ist auch, dass, während im Altertum der Satz galt: „Alles fliesst" und die Willkür der Dämonen alle Naturerscheinungen zu beherrschen schien, die Physik im Gegensatz hierzu die Überzeugung einer festen unabänderlichen Ordnung in der Welt gelehrt und damit indirekt durch die Gewöhnung an den Gedanken der Ordnung auch die Herstellung der staatlichen Ordnung wesentlich unterstützt hat.[116])

[115]) Beobachten und Entdeckungen machen ist eine Kunst, die wie jede andere gelernt sein will. Jeder, der in einem physikalischen Laboratorium thätig war, weiss wie schwer es dem Anfänger wird, exakte Beobachtungen auszuführen, er muss gewissermassen erst sehen lernen. Entdeckungen kann überhaupt nur der machen, der das Wissensgebiet so vollkommen beherrscht, dass ihm sofort klar ist, ob eine ihm auffallende Erscheinung neu oder schon bekannt ist. Eine so eingehende physikalische Bildung besitzt bei der ungeheueren Ausdehnung des Gebietes naturgemäss nur der Lehrer der Physik und so erscheint es nur selbstverständlich, dass fast alle physikalischen Entdeckungen von Professoren gemacht worden sind. Wohl besitzen auch grössere industrielle Unternehmungen Fabriklaboratorien und Beamte für Untersuchungen, allein diese sollen ihre Thätigkeit ausschliesslich den praktischen Bedürfnissen der Fabrik zuwenden und sich nicht mit allgemeinen Fragen befassen. Es hätte also z. B. wohl schwerlich aus einem Dampfmaschinenlaboratorium die Erfindung der Dynamomaschine hervorgehen können, denn diese hatte vor allem die genaue Untersuchung der elektrischen Vorgänge zur Voraussetzung, welche nur in einem physikalischen Institut, nicht in einem maschinentechnischen Laboratorium ausgeführt werden konnte. Die ältesten Physiker wie Galilei, Guericke u. A. waren allerdings gleichzeitig auch Techniker. Umgekehrt hat es auch sehr hervorragende Techniker gegeben, die weit mehr auf dem Gebiete der Physik geleistet haben, als mancher tüchtige Physiker, wie z. B. Werner Siemens, indes sind heute sowohl das physikalische, wie das technische Wissensgebiet viel zu umfangreich, als dass sie von demselben Manne beherrscht werden könnten. Die Arbeitsteilung zwischen Technikern und Physikern erweist sich geradezu als notwendig. Zu bedauern ist nur, dass von seiten der praktischen Technik, welcher doch die physikalische Forschung unmittelbar zugute kommt, so sehr wenig zur Förderung physikalischer Forschung geschieht. (Über die mangelhafte Einrichtung physikalischer Institute siehe O. Lehmann, Elektrische Lichterscheinungen oder Entladungen, Halle a. S., W. Knapp, 1898, S. 547.)

[116]) Die klassische Bildung mag sehr viel zur Verschönerung des Lebens beigetragen haben, wie wenig sie aber zur Erhaltung eines Staatswesens beizutragen vermag, das lehren vor allem die zerfahrenen politischen Verhältnisse im alten Griechenland und im Römerreich.

Die Kunst folgt der Wissenschaft nach. Sie kann sich erst entwickeln, wenn infolge ernster Arbeit Festigung der politischen Verhältnisse und Wohlstand eingetreten ist, sie lenkt eher den Blick von dem Nützlichen, Praktischen ab und es ist wohl kein Zufall, dass wir sie in vollkommenster Blüte finden, bei solchen Völkern, die den Höhepunkt ihrer Entwicklung überschritten haben und ihrem Untergang entgegen gehen.

XVII. Die Zukunft.

Trotz aller Bemühungen der Physiker und Techniker hat die Kultur freilich noch nicht jede Härte des Lebens beseitigen können.[117]) Aber man werfe den Blick zurück um drei Jahrtausende, in jene Zeit, wo der grösste Teil der Menschheit dem traurigen Lose der Sklaverei verfallen war und die Minderzahl von Freien so viele Annehmlichkeiten nicht geniessen konnte, die heute selbst der ärmste Mann nicht missen zu können glaubt, und man wird staunen über das, was die moderne Kultur beruhend auf Christentum, Feuerwaffen und Verwertung der Dampfmaschine, in verhältnismässig kurzer Zeit erreicht hat.[118])

---

[117]) Zur Beseitigung solcher Härten kann der sachverständige Techniker viel beitragen, sei es, dass er dazu verhilft, zurückgebliebene Gebiete durch neue Arbeitsmethoden wieder zu beleben oder unrentable Thätigkeit in lohnende Bahnen überzuleiten und dadurch, dass gesundheitsschädliche oder gefährliche Einrichtungen durch bessere ersetzt werden, wie denn heute schon manche Fabrikbetriebe als gesünder gelten als die Landwirtschaft und grössere Sicherheit bieten für den Fall der Krankheit und des Alters. Die Physik trägt das ihrige bei durch Förderung der Technik.

[118]) Schon von verschiedenen Seiten sind Ausstellungen daran gemacht worden, dass die Geschichte an unsern Schulen hauptsächlich das Altertum, dessen Kultur eine ganz andere war als die heutige, berücksichtigt, umsomehr, als der Unterricht in den alten Sprachen den Hauptteil der Zeit einnimmt. Dringt einmal das Verständnis dafur, wie grosse Wohlthaten die Menschheit der Physik und Technik verdankt, in weitere Kreise, wird sich namentlich auch der Arbeiter bewusst, dass er das elende Leben eines antiken Sklaven zu erdulden hätte, wenn unsere heutige Kultur nicht existierte, so wird gar mancher die heutigen Zustände ganz anders schätzen lernen und zur immerwährenden Unzufriedenheit weit weniger geneigt sein.

Erfreulich ist das Erscheinen gut ausgestatteter populärer kulturgeschichtlicher Werke wie: O. Henne am Rhyn, Kulturgeschichte des deutschen Volkes und Kraemer, das XIX. Jahrhundert in Wort und Bild, doch ist meines Erachtens den ursächlichen Beziehungen zwischen den Fortschritten von Physik und Technik und der Änderung der Lebensbedingungen und des Zeitgeistes sowie den hierdurch veranlassten oder ermöglichten politischen Begebenheiten, selbst in diesen Werken nicht genügend Rechnung getragen.

Nun wird man sagen, wir geben zu, dass aus physikalischen Entdeckungen technische Fortschritte hervorgehen. Es ist auch richtig, dass durch die technischen Fortschritte der Kulturzustand der Menschheit gehoben wird. Aber wie kann man von einer Bedeutung physikalischer Entdeckungen für die Politik sprechen, da doch alle solche Errungenschaften nicht einem einzelnen Staate, sondern der ganzen Menschheit zu gute kommen, da es sogar vorkommt, dass eine Erfindung die Heimat eher schädigt, vielleicht weil ihre Ausbeutung Rohmaterialien erfordert, die nur im Auslande zu haben sind. — Im Jahre 1811 beim Aufblühen der Baumwollenindustrie führte eine Zeitung bittere Klage darüber, dass für die Baumwolle so viel Geld ins Ausland fliesse. — Die Folgezeit hat gezeigt, dass die Klage, obschon sie sehr viel für sich zu haben schien, nicht berechtigt war. Ein solcher Fall ist kein Unglück, denn er bleibt nicht vereinzelt. Ebenso wahrscheinlich kann auch der entgegengesetzte Fall eintreten und man wird notwendig, wenn sich die Erfindungen häufen, zu einer Art von wirtschaftlichem Gleichgewicht kommen müssen, wo das, was ein Staat an den anderen verliert, wieder aufgehoben wird durch das, was er von diesem empfängt, zu einer Art Symbiose, wie sie sich so häufig im Reiche der Lebewesen beobachten lässt, z. B. in einem Aquarium, wo der Sauerstoff, den die Pflanzen ausatmen, den Tieren zu gute kommt und umgekehrt, die von den Tieren ausgeatmete Kohlensäure den Pflanzen. Kriege sind nicht Folgen der Böswilligkeit der Fürsten, wie der Schüler meint, der im Unterricht nur von Kämpfen und Schlachten gehört hat, sondern ein Zeichen, dass noch Interessengegensätze der betreffenden Staaten bestehen, dass die

Eines freilich darf zum Schlusse nicht unerwähnt bleiben: So wie die Kultur des Altertums auf der Sklaverei beruhte, so beruht unsere ganze moderne Kultur auf der Verwendung der Steinkohle und muss fallen, sobald der Vorrat verbraucht ist, sofern nicht rechtzeitig Ersatz gefunden wird. [119])

Die Steinkohlen sind entstanden aus vorweltlichen Gewächsen durch Zerlegung der Kohlensäure der Luft und wir sind deshalb nach dem Vorgang Lord Kelvins, des grössten Physikers der Gegenwart, imstande, aus dem Sauerstoffgehalt der Atmosphäre den gesamten Kohlenvorrat der Erde zu

Bedingungen der Symbiose also noch nicht genügend vollkommen sind. Es ist zu hoffen, dass die Fortschritte der Technik, wenn auch erst in ferner Zukunft, selbst die Schrecken des Krieges aus der Welt schaffen werden.

Wohin dagegen ein Stehenbleiben auf der einmal erreichten Kulturstufe und eine Abschliessung nach aussen führt, dafür bilden die chinesischen Zustände eine drastische Illustration.

Eine Schwierigkeit freilich wird immer übrig bleiben, nämlich die mit der Zeit zu befürchtende Übervölkerung, die eintreten kann, weil nun einmal ein bestimmtes Stück Land nur eine bestimmte Menge Sonnenlicht empfängt, folglich nach dem Gesetze der Erhaltung der Energie nur eine beschränkte Menge Nahrung erzeugen und somit nur einer bestimmten Zahl von Personen Unterhalt gewähren kann. Würde auf der ganzen Erdoberfläche diese maximale Volksdichtigkeit erreicht sein, so würden trotz aller Verkehrsmittel und sonstigen Mittel der Technik unhaltbare Zustände entstehen, wenn es nicht etwa der Chemie gelänge, Nahrungsmittel unabhängig vom Sonnenlicht herzustellen, etwa aus Kohle, Wasser und Luft. In früheren Zeiten war in einzelnen Ländern die maximale Volksdichtigkeit erreicht und man wusste sich nur zu helfen durch Auswanderung nach weniger dicht bevölkerten Gegenden; heute ist infolge der Herstellung besserer Verkehrswege eine weit vollkommenere Ausnutzung des Landes zu landwirtschaftlichen Zwecken möglich geworden, auch erzeugt die Industrie Waren, welche sich gegen Nahrungsmittel aus dem Auslande umtauschen lassen, so dass das Land ausreichend im Stande ist, alle seine Bewohner zu ernähren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass nicht nur ein Umtausch von Waren gegen Nahrungsmittel möglich ist, sondern auch von Werten, welche durch Verleihung von Waren und Arbeitskräften entstehen. England z. B. hat im Jahre 1897 über eine Milliarde Mark durch die Welthandelsschiffahrt verdient, so dass dadurch die Kosten für Einführung von Nahrungsmitteln weitaus gedeckt werden.

Schlimm würde die Lage erst, wenn alle Länder übervölkert wären, was aber aus natürlichen Gründen wohl nie eintreten wird. Im Altertum waren es die beständigen Kriege, die schlechte Ernährung, der Mangel einer medizinischen Wissenschaft, die Ausbreitung von Seuchen, welche einer Übervölkerung entgegen wirkten. In neuerer Zeit sind es andere Umstände, wie denn in manchen Ländern die Bevölkerungszahl überhaupt nicht im Wachsen, sondern im Abnehmen begriffen ist.

[119]) Die jährliche Kohlenproduktion der Welt betrug 1886 etwa 450 Millionen Tonnen, und ist seitdem ziemlich gleichmässig angewachsen auf 810 Millionen Tonnen. In Deutschland betrug der Verbrauch 1892 etwa 67 Millionen Tonnen und hat sich seitdem gesteigert auf 100 Millionen Tonnen. Die jährliche Produktion in Amerika, England, Deutschland beträgt in dieser Reihenfolge 260, 240, 160 Millionen Tonnen.

Der Geologe Frech in Breslau ist der Ansicht, dass die englischen Kohlen etwa im Jahre 2150 erschöpft sein werden, die in Belgien und Nordfrankreich etwa 100 Jahre später. Der im Aachener und westfälischen Steinkohlenrevier vorhandene Vorrat, sowie der im Saarrevier würde noch etwa 800 Jahre ausreichen, ein Versagen der oberschlesischen Kohlenlager, deren Vorrat auf 90 Milliarden Tonnen geschätzt wird, wäre nicht vor dem Anfang des 4. Jahrtausends in Aussicht zu nehmen. Die Vorräte der vereinigten Staaten Amerikas dürften noch 650 Jahre reichen, und in China sollen (nach v. Richthofen) mindestens 630 Milliarden Tonnen Anthrazit und eine gleiche Menge bituminöser Kohle vorhanden sein.

berechnen.[120]) Machen wir die günstigste Annahme, dass alle diese Kohle, selbst die in unzugänglicher Tiefe und unter den Fluten der Oceane, aufgefunden werde und sich ohne grosse Kosten gewinnen lasse und dass der Verbrauch sich nicht über das heutige Mass steigere, so reicht der Vorrat noch 400—500 Jahre. Aber diese Voraussetzungen treffen nicht zu, man kann mit Sicherheit eine Erschöpfung in 100—200 Jahren voraussehen. Was dann?

Welches unabsehbare Elend müsste sich einstellen, unter welchen furchtbaren Revolutionen, den Todeszuckungen der untergehenden Kultur müsste der grösste Teil der Menschheit zu Grunde gehen, wenn nicht Ersatz geschaffen wird!

Wohl giebt es noch andere Energievorräte, die Bewegung der Erde,[121]) die innere Erdwärme[122]) und die Strahlung der Sonne.[123]) Aber wir besitzen keine Mittel sie in erheblichem Masse auszunutzen.

---

[120]) Nach Lord Kelvin können die geschätzten Kohlenmengen durchaus nicht zutreffend sein; denn die Gesamtmenge Kohle in der Erde muss chemisch äquivalent sein der Menge Sauerstoff in der Luft. Man gelangt hierzu durch folgende Betrachtung: Das spezifische Gewicht der Erde beträgt etwa 5,6; sie muss also der Hauptsache nach ähnlich wie die Meteorsteine aus Eisen (S = 7,0 bis 7,5) bestehen. Da sie sich der Kant-Laplace'schen Theorie gemäss durch Abkühlung einer glühenden Gasmasse gebildet hat, wurde bei fortschreitender Condensation der Kohlenstoffdampf zunächst von dem Eisen gelöst und erst bei der folgenden Condensation des Wasserdampfs unter Bildung von Kohlenwasserstoff und Sauerstoff teilweise wieder frei gemacht. Später bildete sich aus Kohlenwasserstoff und Sauerstoff Kohlensäure und Wasser und beim Auftreten der Steinkohlenflora wurde die Kohle durch die Pflanzenthätigkeit durch Einfluss des Sonnenlichtes vom Sauerstoff wieder getrennt. Die Steinkohle muss somit dem Sauerstoff der Luft äquivalent sein, denn aller etwa früher vorhandene überschüssige Sauerstoff musste sich mit dem gleichfalls in dem Eisen gelösten Silicium, dem Eisen selbst und andern Metallen zu den verschiedenen Erdarten und Mineralien verbunden haben. Der jetzt noch in dem flüssigen Erdkern gelöste Kohlenstoff kommt für technische Verwertung natürlich nicht in Betracht. Lord Kelvin berechnet nun (siehe Prometheus 1898, 782) die der Sauerstoffmenge äquivalente Kohlenmenge zu 340 Milliarden Tonnen. Die jährliche Kohlenförderung beträgt z. Zt. rund 800 Millionen Tonnen, somit ergiebt sich, dass bei gleichem Verbrauch wie bisher, der gesamte Kohlenvorrat der Erde 425 Jahre ausreichen würde (vergl. auch Prom. 1892, 176 und 1900, 64).

[121]) Die Energie, welche die Erde vermöge ihrer Drehung um die Axe besitzt, würde etwa 100 Milliarden Jahre den Energiebedarf decken können, wenn derselbe wie bisher täglich etwa 6000 Billionen Kilogrammeter betragen würde (nach Berechnungen von Dziobek, Prometheus 1898, 561), entsprechend der Verbrennungswärme von 700 Millionen Tonnen Kohle.

Die Energie des Umlaufs der Erde um die Sonne würde sogar für viele Billionen Jahre ausreichen. Schon eine Entnahme von Energie von so geringer Grösse, dass die dadurch bewirkte Änderung der Bewegung der Erde selbst durch die feinen Hilfsmittel der Astronomen nicht entdeckt würde, könnte die sämtlichen Fabriken, Eisenbahnen, Dampfschiffe Heizanlagen, Hüttenwerke u. s. w. für viele Jahrtausende in Betrieb halten. (Siehe auch Prom. 10, 1898, 65.)

[122]) Die Energie, welche die Erde infolge ihrer inneren Wärme enthält, schätzt Dziobek auf etwa eine Quintilion Kilogrammeter. Sie würde also 460 Milliarden Jahre ausreichen.

[123]) Die Energie, welche die ganze Erde von der Sonne empfängt, beträgt jährlich 730 000 Trillionen Kilogrammeter, sie wäre somit 333 000 mal grösser als die zur Zeit gebrauchte. Es würde genügen, den 333 000 sten Teil derselben aufzufangen und in Arbeit umzusetzen. Durch die

Die grösste Wahrscheinlichkeit, einen Ersatz für die Kohle zu finden, bietet die Ausnutzung der Sonnenwärme. Etwa sechs Tausendstel-Prozent derselben vermögen die Pflanzen in Form der Verbrennungswärme des Holzes aufzuspeichern und nur ein Zehntel von diesen sechs Tausendstel-Prozent vermögen wir durch unsere Dampfmaschinen in nutzbare Arbeit umzusetzen.[124] Es erscheint nicht ausgeschlossen, dass es der Physik gelingen könnte, den Pflanzen das Geheimnis der Energieaufspeicherung abzulauschen[125] und an Stelle der auf die Dampfmaschine und Stahl und Eisen begründeten Maschinentechnik eine andere zu setzen, die mit weichen und halbflüssigen Stoffen, Produkten der modernen Chemie, weit grösseren Wirkungsgrad erzielt als die Lebensthätigkeit der Pflanzen.

Atmosphäre wird etwa die Hälfte dieser Energie absorbiert und ein grosser Teil gelangt wegen Bedeckung des Himmels durch die Wolken nicht zur Erde. Ein Teil der absorbierten Energie findet sich wieder in der Energie des Windes, die wir durch Windmühlen und Segel ausnützen können und in der der Meeresströmungen und der Wasserkräfte. Von dieser enthält allein der Wind ungefähr 1000 mal soviel als täglich gebraucht wird.

Die Ausnutzung ist indes der grossen Dimensionen halber, welche kräftige Windmühlen erhalten müssten und wegen der Unregelmässigkeit der Luftströmungen nur in geringem Masse möglich.

Die Wasserkräfte repräsentieren nach Dziobek 500 Billionen Kilogrammeter, wovon etwa 4—5 Millionen Pferdekräfte nutzbar gemacht werden könnten; d. h. 29 Billionen Kilogrammeter täglich, während 6000 Billionen thatsächlich gebraucht werden. Die Wasserkräfte könnten also bei weitem den Bedarf nicht decken.

Nach Reuleaux entzieht Italien dem Wasser auf elektrischem Wege 300 000 Pferdestärken und hat noch sicher zu verfügen über ungenutzte 2 800 000. Reich an bedeutenden Wasserfällen ist die skandinavische Halbinsel. Die Wasserkräfte des Saguenay-Flusses in Kanada und des in denselben mündenden Ship-Shaw-Flusses sollen zusammen mindestens 300 000 Pferdekräfte betragen. An dem Susquehanna-Flusse wird beabsichtigt, eine Anlage von 500 000 Pferdestärken zu bauen, welche das erzeugte Arbeitsvermögen an die Städte Baltimore, Wilmington und Philadelphia abgeben soll. (Reuleaux, die mechanischen Naturkräfte und deren Verwertung, 1901).

Reuleaux schätzt das Arbeitsvermögen des atmosphärischen Niederschlages im ganzen zu 100 000 Millionen Pferdestärken, so dass allerdings ein Tausendstel genügend wäre, die verbrannten Kohlenstoffmengen zu ersetzen. Doch dürfte die Schätzung der wirklich verwertbaren Menge, wie sie oben gegeben wurde, zutreffender sein, so dass die Wasserkräfte nicht imstande wären, den Konsum an Energie zu decken; ganz abgesehen davon, dass zu ihrer Gewinnung und Verbreitung sehr kostspielige hydraulische und elektrische Anlagen notwendig sind, so dass die Möglichkeit der Verwertung in sehr vielen Fällen überhaupt in Frage steht.

124) Die Verwertung der Sonnenwärme durch Gewinnung von Brennholz, d. h. die Anpflanzung von Wald erscheint ebenfalls aussichtslos, nicht nur weil das fruchtbare Land notwendig ist zur Anpflanzung von Lebensmitteln, sondern besonders deshalb, weil diese Ausnutzung der Sonnenenergie nur eine geringfügige ist, da durch den Wald etwa $\frac{1}{4}$ Kilogramm Holz pro Quadratmeter jährlich erzeugt wird, entsprechend einer Verbrennungswärme von 1000 Calorien, während die Sonnenwärme pro Quadratmeter 18 Millionen Calorien beträgt.

125) Man könnte sich die Aufspeicherung des Sonnenlichtes auch in der Art denken, dass durch photochemische Zersetzung Akkumulatorenplatten formiert und die durch dieselben erzeugten elektrischen Ströme weiter geleitet und in Arbeit umgesetzt werden. (Siehe O. Lehmann, Elektricität und Licht, S. 362, Sonnenlichtakkumulatoren, § 213.)

Die unvermutete Auffindung flüssiger Krystalle in jüngster Zeit lässt in dieser Hinsicht noch manches Neue erwarten.[126])

Die Entdeckung der neuen unsichtbaren Strahlen, der Becquerel-Strahlen, lässt es auch denkbar erscheinen, dass uns in dem den ganzen Weltraum erfüllenden Äther eine bisher noch unbekannte unerschöpfliche Quelle der Energie gegeben ist.

Aber alles dieses sind nur Vermutungen! Sicher ist nur das eine, dass ein solcher Ersatz der Kohle, wenn überhaupt, nie durch Zufall gefunden werden wird! Nie ist eine physikalische Entdeckung durch Zufall gemacht worden! Stets ist sie langsam herangereift durch die rastlosen Bemühungen und das unablässige Forschen sehr Vieler und nicht eines Einzelnen und wenn sie auch schliesslich als gereifte Frucht Einem zufiel, der sich besonders daran zu schaffen machte, den dann die Geschichte als den Entdecker bezeichnet, so wird doch niemals der der Physik Kundige jene Vorarbeiten für bedeutungslos halten und glauben, die Entdeckung sei wirklich durch Zufall gemacht worden.

Ich wende mich nun an Sie meine werten Kommilitonen!

»Sehet die Vögel des Himmels, sie säen nicht, sie ernten nicht und der allgütige Vater ernähret sie doch!« Es sind das schöne trostreiche Worte, sie wollen aber richtig verstanden sein. »Im Schweisse des Angesichtes sollst du dein Brot essen!« heisst es zu Anfang der Bibel. Arbeiten sollen wir mit Hand und Kopf, nicht nur um unser eigenes tägliches Brot zu verdienen, sondern um die Existenz des menschlichen Geschlechtes überhaupt zu sichern, um die Naturgesetze zu erkennen und dadurch die Naturkräfte uns dienstbar zu machen. Und Gott segnete sie und sprach zu ihnen: »Machet die Erde euch unterthan!«.

Ich will Ihnen damit keine Ermahnung geben, die Gelegenheiten zur Betreibung Ihrer Studien, die Ihnen hier in so reicher Fülle von der Grossh. Regierung geboten werden, fleissig zu benutzen, denn Sie sind als reife junge Männer, als freie akademische Bürger hier eingezogen, die genau wissen, was sie hier wollen und sollen und Einsicht genug besitzen, den

126) F. Kohlrausch, die Energie oder Arbeit, 1900, sagt: »Einen Reichtum von Energie, der allen Bedarf weit übersteigt, bieten die Teile der Erdoberfläche dar, denen die Sonnenwärme und zwar gerade dort grösstenteils ungenutzt oder sogar lästig, so regelmässig zufliesst, dass mit ihr auch ein regelmässiger technischer Betrieb durchgeführt werden kann. Vielleicht würde es auch keine übertriebene Vorsicht sein, wenn eine Nation sich schon jetzt einen Anteil an solchen Gegenden sicherte. Sehr grosse Flächen sind nicht einmal nötig; einige Quadratmeilen in Nordafrika würden, wie man aus den Angaben auf S. 32 leicht ausrechnet, für den Bedarf eines Landes, wie das deutsche Reich genügen.«

richtigen Weg zu finden; wohl aber möchte ich Sie bitten, sich allezeit idealen Sinn zu bewahren, nicht nur an das eigene Wohl zu denken, sondern auch an das ihrer Nebenmenschen und — namentlich im späteren Leben — soweit es in Ihren Kräften steht, zur Förderung der Naturerkenntnis beizutragen.

Werfen Sie, wenn sich Ihnen Gelegenheit bietet, einen Blick in die Geschichte der Physik. Sie ist eine Fundgrube wertvollster Anregungen und grösster geistiger Genüsse. Hier sehen Sie geniale, ideal angelegte Menschen ihr ganzes Leben lang in freudigem Schaffen sich mühen und ringen um Erkenntnis der Natur, nicht zum Gelderwerb, sondern für das Wohl der ganzen Menschheit, verkannt, missachtet, verlacht und sogar bekämpft aus Unwissenheit oder Mangel an tieferer Einsicht von denen, für welche sie arbeiteten. Staunende Bewunderung erfüllt uns angesichts solcher Seelengrösse!

Ich sage nicht, nehmen Sie diese Männer zum Vorbild — die Aufgabe des Technikers ist eine andere als die des Gelehrten — aber bewahren Sie die Überzeugung, dass es ein Glück von höherer Art giebt, als es Geld und Wohlleben zu bieten vermögen, das Bewusstsein, dem Nächsten, der Gemeinde, dem Staat, der Gesamtheit genützt zu haben!

Verlag der G. Braun'schen Hofbuchdruckerei, Karlsruhe

Der
Stein der Weisen

Festrede
am 9. November 1889 gehalten
von
Dr. C. Engler
Geh. Hofrat und Ord. Professor der Chemie

Anhang:
Bemerkungen zu Kants Ansichten über die Chemie als Wissenschaft

Preis: Mk. 1.—

Wirtschaftliche Aufgaben des Ingenieurs

Festrede
am 2. November 1895 gehalten
von
R. Baumeister
Oberbaurat u. Professor der Ingenieurwissenschaften

Preis: Mk. 1.—

Wissenschaftliche Forschung und Chemische Technik

Festrede
am 31. Oktober 1896 gehalten
von
Dr. H. Bunte
Hofrat und Professor der Chemischen Technologie

Preis: Mk. 1.—

Betrachtungen über die Maschine und den Maschinenbau

Festrede
am 25. November 1899 gehalten
von
Ernst A. Brauer
Hofrat und Professor für Maschinenwesen

Preis: Mk. —.60

Dr. Christian Wiener
Geh. Hofrat und Professor der Mathematik an der Technischen Hochschule zu Karlsruhe

Vorträge

gehalten
im Naturwissenschaftlichen Verein zu Karlsruhe

1. Das Wachstum des menschlichen Körpers
2. Ein neuer Schädelmesser
3. Über die Schönheit der Linien
4. Über »Cogito, ergo sum«
5. Beweis für die Wirklichkeit der Aussenwelt

Preis: Mk. 1.—

Hofrat Professor Dr. H. Meidinger
Professor der technischen Physik
an der Technischen Hochschule zu Karlsruhe

Vom Erfinden

Eine Untersuchung
über
die Bedingungen, nützliche Erfindungen zu machen und deren Verwertung

Preis: Mk. 1.—